

KARYNE SOUZA BETINELLI

MANEJO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ‘VENICE’

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Luiz Carlos Argenta
Coorientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

**LAGES, SC
2016**

Betinelli, Karyne Souza
Manejo pós-colheita de maçãs 'Venice' / Karyne
Souza Betinelli. - Lages, 2016.

108 p.: il.; 21 cm

Orientador: Luiz Carlos Argenta

Inclui bibliografia

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2016.

1. *Malus domestica* Borkh. 2. Maturação. 3.
Armazenamento. 4. Qualidade. 5. Perda de firmeza.
I. Betinelli, Karyne Souza. II. Argenta, Luiz
Carlos. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção
Vegetal. IV. Manejo pós-colheita de maçãs
'Venice'.

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

KARYNE SOUZA BETINELLI

MANEJO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS 'VENICE'

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador: _____



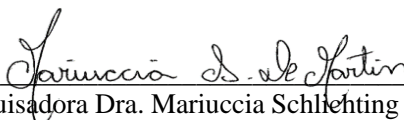
Pesquisador Dr. Luiz Carlos Argenta
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de
Santa Catarina (EPAGRI)

Membro: _____



Professor PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Membro: _____



Pesquisadora Dra. Mariuccia Schlehting de Martin
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de
Santa Catarina (EPAGRI)

Lages, 15 de fevereiro de 2016.

À minha amada mãe Margaret Souza Betinelli e minha irmã Karolyne Souza Betinelli pelo apoio, incentivo e paciência. Ao meu pai Osmar Angelo Betinelli (*In Memoriam*), que mesmo não estando fisicamente ao meu lado, comemora comigo mais essa conquista.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Margaret, por ser essa pessoa tão maravilhosa e batalhadora. Deus não poderia ter me agraciado com uma mãe melhor do que essa. A minha irmã Karolyne, sempre incentivando, ouvindo todas as experiências vividas nesse período. A minha nona Teresa, que sempre torceu e rezou por mim.

Às minhas amigas Andreia, Elis, Fran Branco, Fran Viel, Jana e tantas outras, que foram amigas nos bons e maus momentos, mostrando-me o verdadeiro sentido da palavra amizade. Obrigada por todo o apoio psicológico, pela compreensão e por tudo o que passamos juntas.

Ao Pesquisador Luiz Carlos Argenta, pela oportunidade de realização do Mestrado sob sua orientação, sempre receptivo as ideias, criticando construtivamente os trabalhos, sanando as dúvidas, estimulando nos momentos de inseguranças, sempre muito ético e, acima de tudo, paciente para ouvir e ensinar.

À Dra. Mariuccia Schiliching de Martin, pelos ensinamentos e colaboração nos trabalhos, sempre disposta a compartilhar seus ensinamentos, paciência e confiança.

Ao PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pelos ensinamentos durante a minha formação acadêmica.

A toda a equipe do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Epagri, Estação Experimental de Caçador, Cleiton, Debora, Leonardo, Maysa e Suelen, por todo o auxílio, amizade e companheirismo. Vocês partilham comigo desta conquista.

À Caroline que, tantas vezes, fez o trajeto de Caçador a Lages, pelos momentos de descontração nas viagens.

A todos os familiares e amigos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

À AgroFresh Inc. pelo apoio financeiro a esse projeto de pesquisa.

À Fischer S/A Agroindústria pelo fornecimento e armazenagem dos frutos utilizados nos experimentos.

À Epagri pela possibilidade de desenvolver meu projeto de pesquisa na Estação Experimental de Caçador, utilizando toda a infraestrutura necessária para a realização dos experimentos.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

“Não é o mais forte que sobrevive. Nem o mais inteligente. Mas o que melhor se adapta às mudanças”.

Charles Darwin

RESUMO

BETINELLI, Karyne Souza. **Manejo pós-colheita de maçãs ‘Venice’**. 2016. 108f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2016.

Este estudo foi realizado com objetivos de identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita de maçãs da nova cultivar ‘Venice’ (Experimento 1) e o potencial de conservação pós-colheita dos frutos dessa cultivar submetidas a diferente tecnologias de armazenagem (Experimento 2). Frutos para o primeiro experimento foram colhidos semanalmente, no município de Fraiburgo, SC, no período de 144 a 172 dias após a plena floração (DAPF), e armazenados por 240 dias sob atmosfera do ar (AA) a $0,5 \pm 0,5$ °C, e por 265 dias sob atmosfera controlada (AC, 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂) a $0,7 \pm 0,5$ °C. Frutos para o segundo experimento foram colhidos aos 158 e 154 DAPF em fevereiro de 2013 e de 2014, respectivamente, em um pomar experimental localizado no município de Fraiburgo, SC. As maçãs foram tratadas ou não com 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenadas por até 300 dias (10 meses) em AA ($0,5 \pm 0,5$ °C e UR de $85 \pm 5\%$) ou em AC (1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂) a $0,7 \pm 0,5$ °C e UR de $93 \pm 3\%$). A maturação e a qualidade das maçãs foram analisadas um dia após a colheita, e a cada dois meses de armazenagem. De acordo com o primeiro experimento, quando destinadas à comercialização imediata, maçãs ‘Venice’ devem ser colhidas de 158 a 172 DAPF, devido ao aumento do tamanho e do percentual de cor vermelha na epiderme em relação às colheitas precoces (144 e 151 DAPF). Os índices de maturação para o período de 158 a 172 DAPF variaram de 15,3 a 16,5 lb para firmeza de polpa, de 12,9 a 13,4% para sólidos solúveis (SS), de 0,291 a 0,338% para acidez

titulável (AT), de 8,2 a 9,0 para índice de amido (em escala de 1-9) e de 3,7 a 4,3 para índice de cor de fundo (em escala de 1-5). O ponto ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas a longos períodos de armazenagem ocorreu entre 144 e 151 DAPF, por proporcionar maior firmeza de polpa após o armazenamento em relação aos frutos colhidos de 158 a 172 DAPF. Os índices de maturação para frutos colhidos no período de 144 e 151 DAPF variaram de 17,2 a 18,0 lb para firmeza de polpa, de 11,8 a 12,5% para SS, de 0,350 a 0,356% para AT, de 3,0 a 5,5 para índice de amido e de 2,1 a 3,1 para índice de cor de fundo. Resultados do segundo experimento indicam que o potencial de armazenagem das maçãs é mínimo (menor de 6 meses) quando armazenadas sob AA, sem 1-MCP. Nessa condição de armazenagem, as maçãs apresentam maior incidência de podridões e maiores taxas respiratória e de produção de etileno, bem como uma coloração da epiderme mais amarela, menor firmeza de polpa e menor acidez titulável e teor de sólidos solúveis em comparação a demais condições de armazenagem. Maçãs ‘Venice’ apresentam potencial de armazenagem superior a 8 meses sob AC, independentemente do tratamento com 1-MCP, mantendo firmeza superior a 14 lb e baixo índice de distúrbios mesmo depois de 10 meses.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh. Maturação. Armazenamento. Qualidade. Perda de firmeza.

ABSTRACT

BETINELLI, Karyne Souza. **Postharvest management of 'Venice' apples**. 2016. 108f. Master (Dissertation in Plant Science – Area: Postharvest physiology and Technology) –Santa Catarina State University. Graduate Program in Plant Science, Lages, 2016.

This study was conducted with objective to identify maturation indices for the ideal point of apple picking of the new cultivar 'Venice' (Experiment 1) and the potential of post-harvest conservation of fruits of this cultivar subjected to different storage technologies (Experiment 2). Fruit for the first experiment were harvested, in Fraiburgo, SC, between 144 and 172 days after full bloom (DAFB), and stored for 240 days under an atmosphere of air (AA) at 0.5 ± 0.5 °C, and 265 days under controlled atmosphere (CA, 1.5 kPa of O₂ and 1.5 kPa of CO₂) at 0.7 ± 0.5 °C. Fruits for the second experiment were harvested at 158 and 154 DAFB in February 2013 and 2014, respectively, in an experimental orchard located in Fraiburgo, SC. The apples were treated or not with 1-methylcyclopropene (1-MCP) and stored for up to 300 days (10 months) in AA (0.5 ± 0.5 °C and RH $85 \pm 5\%$) or CA (1.5 kPa of O₂ and 1.5 kPa CO₂) at 0.7 ± 0.5 °C and RH $93 \pm 3\%$). The maturation and the quality of apples were analyzed one day after harveste, and after every two months of storage. According to the first experiment, when intended for immediate marketing, 'Venice' apples should be harvested 158-172 DAFB, due to the increased size and red color percentage in the skin in relation to early crops (144 and 151 DAFB). Maturity indices for the period 158-172 DAFB ranged from 15.3 to 16.5 lb for firmness, 12.9 to 13.4% for soluble solids (SS), 0.291 to 0.338% for titratable acidity (TA), from 8.2 to 9.0 to starch ratio (scale 1-9), and 3.7 to 4.3 for background color index (scale 1-5). The ideal point of apple picking 'Venice' intended for long storage periods occurred between 144 and 151

DAFB, by providing greater firmness after storage compared to fruits harvested 158-172 DAFB. Maturity indices for fruits harvested in the period of 144 and 151 DAFB ranged from 17.2 to 18.0 lb for firmness, 11.8 to 12.5% for SS, 0.350 to 0.356% for TA, of 3.0 to 5.5 for starch index and 2.1 to 3.1 for background color index. The second experiment results indicate the potential storage of apples is minimal (less than 6 months) when stored under AA without 1-MCP. In this storage condition, the apples have a higher incidence of rottenness and higher respiratory rate and ethylene production, as well as yellower skin color, less firmness and lower titratable acidity and soluble solids compared to other conditions of storage. 'Venice' Apple has a potential storage exceeding 8 months under AC regardless of treatment with 1-MCP, keeping firmness of 14 lb and low incidence of disorders even after 10 months.

Key-words: *Malus domestica* Borkh. Maturity. Storage. Quality. Firmness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Caracterização de plantas (A) e frutos (B e C) de um pomar de maçãs ‘Venice’ na safra 2013/2014 em Fraiburgo-SC, 2014.....46
- Figura 2 – Amostras de frutos de ‘Venice’ colhidas semanalmente, durante cinco semanas, aos 144 (A), 151 (B), 158 (C), 165 (D) e 172 (E) dias após a plena floração (DAFP), na safra 2013/2014 em Fraiburgo-SC, 2014.....47
- Figura 3 – Massa fresca dos frutos, taxa de produção de etileno e taxa respiratória de maçãs ‘Venice’, em função da data de colheita. As taxas de produção de etileno e de respiração foram analisadas um dia após a colheita e após 265 dias de armazenagem sob atmosfera controlada (AC; 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂) na temperatura de 0,7±0,5 °C e UR de 93±3%, mais dois dias (a 23±0,3 °C e UR de 68%). As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey (p<0,05)53
- Figura 4 – Porcentagem de cor vermelha e índice de amido na colheita, e cor de fundo, firmeza de polpa, acidez titulável e sólidos solúveis na colheita e após armazenamento em atmosfera do ar (AA; 240 dias a 0,5 °C mais cinco dias a 23 °C) e em atmosfera controlada (AC; 265 dias com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C, mais dois dias sob AA a 23 °C) de maçãs ‘Venice’. As barras

verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As linhas horizontais indicam limite inferior da firmeza da polpa, abaixo do qual as maçãs possuem menor valor e aceitação comercial56

Figura 5 – Índice sensorial para textura e sabor de maçãs ‘Venice’, após 265 dias de armazenagem sob atmosfera controlada (AC; 1,5 kPa de O_2 e 1,5 kPa de CO_2 , sob uma temperatura de $0,7 \pm 0,5$ °C) e mais dois dias a ($23 \pm 0,3$ °C e UR de $68 \pm 0,6\%$). As barras verticais internas ao gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), para cada período de armazenagem.....63

Figura 6 – Taxa de produção de etileno, taxa respiratória e cor de fundo de maçãs ‘Venice’, submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O_2 e 1,5 kPa de CO_2 a 0,7 °C) por diferentes períodos. As maçãs foram mantidas a ($23 \pm 0,3$ °C e UR de 68%) por 1 (símbolos cheios) ou 7 (símbolos vazios) dias antes de serem analisados. Fraiburgo, SC, 2014.....76

Figura 7 – Firmeza de polpa, acidez titulável e sólidos solúveis em maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O_2 e 1,5 kPa de CO_2 a 0,7 °C) por diferentes períodos. As maçãs foram

mantidas a ($23 \pm 0,3$ °C e UR de 68%) por 1 (símbolos cheios) ou 7 (símbolos vazios) dias antes de serem analisados. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014. As linhas horizontais indicam limite inferior da polpa, abaixo do qual as maçãs possuem menor valor e aceitação comercial.....79

Figura 8 – Severidade de podridões em maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. As maçãs foram mantidas a ($23 \pm 0,3$ °C e UR de $68 \pm 0,6\%$) por 1 (símbolos cheios) ou 7 (símbolos vazios) dias antes de serem analisados. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.....83

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Taxas de perda de firmeza de polpa (lb/semana), estimadas pelas funções de regressão entre data de colheita (x) e firmeza de polpa (y) em maçãs ‘Venice’, analisadas na colheita e após armazenamento em atmosfera do ar (AA; 240 dias a 0,5 °C mais cinco dias a 23 °C) e em atmosfera controlada (AC; 265 dias com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C, mais dois dias sob AA a 23 °C)58
- Tabela 2 – Severidade de podridões, degenerescência senescente e escaldadura superficial em maçãs ‘Venice’ armazenadas em atmosfera do ar (AA; 240 dias a 0,5 °C mais cinco dias a 23 °C) e armazenadas em atmosfera do controlada (AC; 265 dias com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C, mais dois dias sob AA a 23 °C)61
- Tabela 3 – Taxas de perda de firmeza de polpa (lb/mês), estimadas pelos modelos de regressões entre período de armazenamento (x) e firmeza de polpa (y) em maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, na saída da câmara e após sete dias a 23 °C, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.....80
- Tabela 4 – Severidade de degenerescência senescente de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais

de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.....85

Tabela 5 – Severidade de escaldadura superficial de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. Fraiburgo, SC, 2013.....87

LISTA DE ABREVIações

| | |
|--------------------|---|
| °Brix | graus Brix |
| °C | graus Celsius |
| µL | microlitro |
| µmol | micromol |
| 1-MCP | 1-metilciclopropeno |
| AA | atmosfera do ar |
| AC | atmosfera controlada |
| ACC-oxidase | 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidase |
| AT | acidez titulável |
| CAV | Centro de Ciências Agroveterinárias |
| cm | centímetro |
| CO ₂ | dióxido de carbono |
| CV | coeficiente de variação |
| d | dias |
| DAPF | dias após a plena floração |
| EUA | Estados Unidos da América |
| g | grama |
| h | hora |
| H ₂ | hidrogênio |
| I ₂ -KI | iodo-iodeto de potássio |
| kg | quilograma |
| kPa | quilo Pascal |
| L | litros |
| lb | libra |
| m | metro |
| m ³ | metro cúbico |
| MFG | mancha foliar de glomerella |
| min | minuto |
| mL | mililitro |
| mm | milímetro |
| N | normal |

| | |
|----------------|--|
| N ₂ | nitrogênio |
| NaOH | hidróxido de sódio |
| O ₂ | oxigênio |
| pH | potencial hidrogeniônico |
| S | Sul |
| SC | Santa Catarina |
| SS | sólido solúveis |
| UDESC | Universidade do Estado de Santa Catarina |
| UR | umidade relativa do ar |
| W | Oeste |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 37 |
| 2 ESTÁDIO DE MATURAÇÃO PARA COLHEITA DE MAÇÃS ‘VENICE’ | 40 |
| 2.1 RESUMO | 40 |
| 2.2 ABSTRACT | 41 |
| 2.3 INTRODUÇÃO | 42 |
| 2.4 MATERIAL E MÉTODOS | 46 |
| 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 52 |
| 2.6 CONCLUSÕES | 64 |
| 3 POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS ‘VENICE’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TECNOLOGIAS DE ARMAZENAGEM | 64 |
| 3.1 RESUMO | 64 |
| 3.2 ABSTRACT | 65 |
| 3.3 INTRODUÇÃO | 66 |
| 3.4 MATERIAL E MÉTODOS | 69 |
| 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 73 |
| 3.6 CONCLUSÕES | 88 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 88 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 90 |
| APÊNDICE | 104 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

A maçã (*Malus domestica* Borkh.) é a fruta de clima temperado de maior dispersão, comercialização e consumo como fruta fresca no mundo, sendo a quarta frutífera mais produzida, perdendo somente para citros, uva e banana (HAUAGGE; BRUCKNER, 2002; FURLAN et al., 2010). Atualmente, é uma das principais espécies frutíferas cultivadas no país, apresentando importante papel social e econômico. O agronegócio da maçã se localiza na região Sul, envolvendo seus três estados, notadamente nas regiões mais frias dos mesmos, destacando-se a região de Vacaria, no Rio Grande do Sul, São Joaquim e Fraiburgo, no Estado de Santa Catarina, e de Palmas, no Estado do Paraná (PETRI et al., 2011).

Nos últimos quatro anos, a produção brasileira de maçãs variou de aproximadamente um milhão a um milhão e duzentas mil toneladas (ARGENTA et al., 2015), envolvendo mais de 3000 produtores nesta atividade e gerando em torno de 150 mil empregos diretos e indiretos (PETRI et al., 2011). O destino das maçãs produzidas no Brasil nos últimos anos tem sido o consumo *in natura* interno (67,6%), consumo *in natura* externo (7%) e industrialização para produção de suco e outros alimentos (25,4%) (ARGENTA et al., 2015).

As principais cultivares de maçãs produzidas no Brasil são a ‘Gala’ e a ‘Fuji’, as quais representam em torno de 60% e 30% da produção, respectivamente (PETRI et al., 2011). Ambas são cultivares internacionalmente bem conceituadas, que abastecem o mercado interno com elevado padrão de qualidade e, ao mesmo tempo, possibilitam a exportação de uma parcela significativa da produção (FIORAVANÇO et al., 2011). Esta escolha é resultado da aceitação do mercado e dos consumidores pela coloração e o sabor, bem como o potencial de conservação apresentado por ambas.

A colheita é realizada com um intervalo de um mês, deixando uma lacuna durante o mês de março, período esse sem a colheita de nenhuma cultivar comercialmente importante. As

atividades concentram-se em determinados períodos, dificultando a contratação de mão de obra e gerenciamento dos pomares. Além disso, pomares nessa situação são vulneráveis tanto por desordens climáticas quanto por surtos de pragas e doenças (FIORAVANÇO et al., 2011).

Novas cultivares estão sendo desenvolvidas pelo melhoramento genético e utilizadas na renovação de pomares em substituição às cultivares tradicionais. A ‘Venice’ é uma seleção de macieira, obtida em 2008 pelo cruzamento, entre as cultivares Imperatriz (♀, descendente de ‘Gala’) e Baronesa (♂, descendente de ‘Fuji’). Essa cultivar pode ser uma boa opção para a colheita dos frutos durante o mês de março, período com menor atividade de colheita para ‘Gala’ e ‘Fuji’. Isso facilitaria o gerenciamento dos pomares, o escalonamento da colheita, o processamento dos frutos e a obtenção de melhores preços de venda. A ‘Venice’ tem médio requerimento de frio hibernal, alta produtividade, resistência à mancha foliar de glomerella e elevada qualidade dos frutos, especialmente quanto à textura e sabor.

Além das virtudes relativas à produtividade e resistência a doenças das plantas e da qualidade sensorial e estética dos frutos, novas cultivares de maçãs serão extensivamente plantadas apenas se os frutos possuírem potencial de conservação da sua qualidade depois da colheita. O manejo pós-colheita é influenciado por diversos fatores, dentre eles a cultivar, o estágio de maturação na colheita e as condições de armazenagem.

O estágio de maturação ideal para colheita depende do destino dado aos frutos. A qualidade de maçãs destinadas à armazenagem por longos períodos pode ser afetada negativamente, tanto pela antecipação quanto pelo retardamento excessivo da colheita. Da mesma forma, frutos que são colhidos em estágio de maturação avançado (baixa firmeza de polpa) não devem ser destinados para exportação, ou mesmo para mercados distantes da região produtora (SUGAR; BASILE, 2013),

enquanto frutos colhidos excessivamente verdes não devem ser comercializados imediatamente após a colheita.

A colheita antes da maturação adequada pode resultar em frutos de baixa qualidade após o armazenamento devido à falta de sabor e aroma, bem como pelo surgimento de distúrbios fisiológicos (YUAN; CARBAUGH, 2007). Quando colhidos tardiamente, devido ao desencadeamento de alguns processos fisiológicos, pode haver redução do período de conservação, maior incidência de pingo-de-mel (BRACKMANN et al., 2004), menor conservação da firmeza de polpa, acidez e açúcares (FELLMANN et al., 2003), além de maior incidência de degenerescência de polpa (STEFFENS et al., 2005).

As medidas práticas mais empregadas para monitorar a evolução da maturação na planta e indicar o ponto de colheita de maçãs pelos produtores de maçãs são a firmeza da polpa, o índice de degradação do amido, o índice de cor de fundo da epiderme (casca), (cor da superfície menos exposta ao sol) e o teor de sólidos solúveis (KINGSTON, 1992; BARTRAM, 1993). Esses índices físico-químicos se caracterizam pela simplicidade dos métodos e instrumentos de avaliação e pela aceitável precisão (KNEE; SMITH, 1989). Medidas fisiológicas e físico-químicas de maçãs correspondentes ao período ideal de colheita comercial e para máxima qualidade após a armazenagem não foram ainda estabelecidas para maçãs ‘Venice’.

A maior parte da produção de maçãs é destinada à armazenagem, permitindo sua comercialização durante longos períodos após a colheita. Condições apropriadas de armazenagem permitem o retardamento do início da maturação dos frutos reduzindo as taxas dos processos metabólicos, tais como a respiração e a síntese de etileno.

Outro fator importante para a conservação de maçãs é a condição de armazenagem utilizada. O armazenamento refrigerado sob atmosfera do ar (AA) é uma excelente alternativa para retardar o amadurecimento, no entanto, permite um curto

período de conservação devido ao amadurecimento excessivo e à incidência de podridões. A atmosfera controlada (AC) é o sistema de armazenamento predominante para a conservação de maçãs em todo o mundo, apresentando os melhores resultados na conservação dos frutos por períodos prolongados, sendo que a combinação ideal de O_2 e CO_2 no interior da câmara é dependente da espécie e da cultivar a ser armazenada (KUPFERMAN, 2003).

Outras ferramentas podem ser utilizadas para prolongar o armazenamento de maçãs, como a utilização de inibidores da ação do etileno, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP), antes do armazenamento, podendo preservar a qualidade pela manutenção dos atributos físico-químicos dos frutos (DeLONG; PRANGE; HARRISON, 2004; MATTHEIS; FAN; ARGENTA, 2005). No entanto, a eficácia do 1-MCP em maçãs também depende da cultivar (AKBUDAK et al., 2009). O potencial de armazenamento da cultivar Venice e as alterações da qualidade em função da atmosfera de armazenagem e do tratamento com 1-MCP ainda não foram determinados.

O objetivo deste trabalho foi identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas à comercialização imediata ou ao armazenamento em AA e em AC, bem como avaliar o potencial de conservação de maçãs ‘Venice’ submetidas a diferentes tecnologias de armazenagem.

2 ESTÁDIO DE MATURAÇÃO PARA COLHEITA DE MAÇÃS ‘VENICE’

2.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas à comercialização imediata ou ao armazenamento em

atmosfera do ar (AA) e em atmosfera controlada (AC). Os frutos foram colhidos semanalmente, no município de Fraiburgo, SC, no período de 144 a 172 dias após a plena floração (DAFP), e armazenados por 240 dias sob AA, a $0,5 \pm 0,5$ °C, e 265 dias sob AC (1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂) a $0,7 \pm 0,5$ °C. Medidas de índices de maturação e da qualidade das maçãs foram realizadas um dia após a colheita e após a armazenagem sob AA e AC. Maçãs ‘Venice’ destinadas à comercialização imediata, após a colheita, devem ser colhidas entre 158 a 172 DAPF, por apresentarem maior tamanho, epiderme mais avermelhada e maior teor de sólidos solúveis (SS) em relação às aquelas de colheitas precoces (144 e 151 DAPF). Os índices de maturação para frutos colhidos de 158 a 172 DAPF variaram de 15,3 a 16,5 lb para firmeza de polpa, de 12,9 a 13,4% para SS, 0,291 a 0,338% para acidez titulável (AT), 8,2 a 9,0 para índice de amido (escala 1 a 9) e de 3,7 a 4,3 para índice de cor de fundo (escala 1 a 5). O ponto ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas a longos períodos de armazenagem ocorreu entre 144 e 151 DAPF, por proporcionar maior firmeza de polpa e menor desenvolvimento de podridões e escurecimento da polpa após o armazenamento em relação aos frutos colhidos de 158 a 172 DAPF. Os índices de maturação para frutos colhidos entre 144 e 151 DAPF variaram de 17,2 a 18,0 lb para firmeza de polpa, 11,8 a 12,5% para SS, 0,350 a 0,356% para AT, 3,0 a 5,5 para índice de amido e 2,1 a 3,1 para índice de cor de fundo.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh. Ponto de colheita. Armazenamento. Atmosfera Controlada. Qualidade.

2.2 ABSTRACT

This study aimed to identify maturation indices for the ideal point of apple picking 'Venice' intended for immediate sale or storage in an atmosphere of air (AA) and controlled atmosphere (CA). The fruits were harvested, in Fraiburgo, SC, between 144

and 172 days after full bloom (DAFB), and stored for 240 days under AA, 0.5 ± 0.5 °C, and 265 days under AC (1.5 kPa of O₂ and 1.5 kPa of CO₂) at 0.7 ± 0.5 °C. Measures of maturation indicators and quality of apples were held one day after the harvest and after storage under AA and CA. Apples 'Venice' intended for immediate sale, after harvest, should be collected between 158 and 172 DAFB, due to their larger size, more reddish skin and a higher content of soluble solids (SS) compared to those of early crops (144 and 151 DAFB). The fruit for ripeness indexes harvested 158-172 DAFB ranged from 15.3 to 16.5 lb for firmness, 12.9 to 13.4% for SS, 0.291 to 0.338% for titratable acidity (TA), 8.2 to 9.0 to starch ratio (scale of 1 to 9) and 3.7 to 4.3 for background color index (1 to 5 scale). The ideal point of apple picking 'Venice' intended for long storage periods occurred between 144 and 151 DAFB, by providing greater firmness and less development of decay and browning after storage the respect of harvested fruits 158 and 172 DAFB. The fruit for ripeness indices collected from 144 and 151 DAFB ranged from 17.2 to 18.0 lb for firmness, 11.8 to 12.5% for SS, 0.350 to 0.356% for AT, 3.0 to 5.5 to starch index and 2.1 to 3.1 for the skin background color.

Key-words: *Malus domestica* Borkh, Harvest date, Storage, Controlled Atmosphere, Quality.

2.3 INTRODUÇÃO

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é a frutífera de clima temperado mais cultivada na região Sul do Brasil. Nos últimos quatro anos, a produção brasileira de maçãs variou de aproximadamente um milhão a um milhão e duzentas mil toneladas (ARGENTA et al., 2015). Do total, 90% concentram-se nas cultivares Gala e Fuji (PETRI et al., 2011), as quais apresentam qualidades organolépticas que são apreciadas pelo consumidor brasileiro (FIORAVANÇO et al., 2010). No

entanto, a falta de diversificação de cultivares ocasiona alguns obstáculos para o produtor brasileiro, especialmente no que diz respeito à colheita. Em função do grande volume de frutos a serem colhidos em um curto espaço de tempo, parte da produção é inevitavelmente colhida fora do estágio ideal de maturação, devido à mão de obra insuficiente ou mesmo limitações da capacidade de classificação e empacotamento, o que resulta em menor vida pós-colheita dos frutos e alto índice de perda da produção por deterioração (SCOLARO et al., 2015). Assim, a diversificação de cultivares, especialmente aquelas que atinjam a maturação ideal em períodos diferenciados em relação à ‘Gala’ e à ‘Fuji’, pode ser uma boa alternativa, proporcionando o escalonamento da colheita.

Na busca de soluções para essas e outras dificuldades encontrados pelos fruticultores, novas cultivares estão sendo desenvolvidas pelo melhoramento genético e utilizadas na renovação de pomares em substituição às cultivares tradicionais. É nesse contexto que foi desenvolvida a cultivar Venice, resultante do cruzamento entre as maçãs ‘Imperatriz’ (♀) e ‘Baronesa’ (♂). Dentre as principais características da cultivar Venice destacam-se: 1) a boa adaptação às condições climática da região Sul do Brasil; 2) características organolépticas do fruto bem aceitas pelo mercado consumidor; 3) resistência à mancha foliar de *glomerella* (MFG), o que possibilita redução expressiva dos custos de produção e dos riscos de contaminação dos trabalhadores e do meio ambiente em relação àqueles com macieiras ‘Gala’; 4) período de colheita comercial concentrado entre o das cultivares Gala e Fuji, favorecendo o escalonamento da colheita; 5) boa qualidade organoléptica e potencial de conservação da qualidade pós-colheita (DENARDI; KVITSCHAL; HAWERROTH, 2015).

O estágio de maturação no momento da colheita é um dos fatores que mais afetam a qualidade na colheita e após a armazenagem de maçãs (KADER, 2002; WATKINS, 2003). Todavia, o estágio de maturação ideal para colheita irá depender

da cultivar, bem como do destino dado aos frutos. Desta maneira, a qualidade de maçãs aumenta durante sua maturação pelo aumento do tamanho, da coloração, do aroma e do sabor e, por isso, podem ser colhidas em estádios avançados de maturação, mas antes de iniciar a senescência, quando destinadas ao consumo imediato (WATKINS et al., 2005; STANGER et al., 2013).

Por outro lado, a qualidade de maçãs destinadas à armazenagem por longos períodos pode ser afetada negativamente, tanto pela antecipação quanto pelo retardamento excessivo da colheita. Dessa forma, frutos que são colhidos em estágio de maturação avançado (baixa firmeza de polpa) não devem ser destinados para exportação, ou mesmo para mercados distantes da região produtora (SUGAR; BASILE, 2013), enquanto frutos colhidos excessivamente verdes não devem ser comercializados imediatamente após a colheita (STANGER et al., 2013).

As desvantagens da colheita precoce da maçã envolvem a perda de tamanho e rendimento, uma maior suscetibilidade à perda de massa durante o armazenamento e até mesmo a inabilidade de produzir atributos sensoriais satisfatórios ao mercado consumidor, especialmente pelo baixo teor de açúcares e pela baixa produção de compostos aromáticos. Além disso, ainda que sejam mais tolerantes ao manuseio na colheita, frutos colhidos precocemente são mais suscetíveis ao desenvolvimento de alguns distúrbios fisiológicos, como escaldadura superficial e “bitter pit” (DE CASTRO; BIASI; MITCHAM, 2007; STANGER et al., 2013).

Em contrapartida, frutos colhidos tardiamente são maiores, mas têm seu potencial de armazenamento comprometido por serem mais suscetíveis às podridões, pingo-de-mel, danos mecânicos, polpa farinácea e degenerescência de polpa. A colheita de frutos após o estágio de maturação adequado favorece ainda a ocorrência de baixa qualidade sensorial devido à perda de crocância e de suculência e relação

açúcar/acidez excessivamente alta (WATKINS et al., 2005; STANGER et al., 2013).

Dezenas de indicadores da evolução de maturação de maçãs têm sido propostos, incluindo medidas bioquímicas, fisiológicas, morfológicas, físicas, sensoriais e de aparência (WATKINS, 2003). A produção de etileno é um dos principais indicadores fisiológicos do estágio de maturação de maçãs, por ser o hormônio que regula a maturação e a senescência de frutos climatéricos. No entanto, o aumento acentuado, autocatalítico, da produção de etileno nos frutos ligados à planta não coincide com o período de colheita comercial para muitas cultivares, além de ser significativamente influenciada pela região e pelo ano de produção, época de cultivo e variabilidade na população de frutos (WATKINS, 2003). Devido a estas limitações, bem como da maior dificuldade para a realização dessa análise, a taxa de produção de etileno deve ser utilizada em conjunto com outros índices de maturação para predizer o estágio ideal para a colheita (STANGER et al., 2013).

As medidas práticas mais empregadas para monitorar a evolução da maturação na planta e indicar o ponto de colheita de maçãs pelos produtores de maçãs são a firmeza da polpa, o índice de degradação do amido, o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e o índice de cor de fundo da epiderme (WATKINS, 2003; STANGER et al., 2013). Esses indicadores de maturação também são os mais usados pelos fruticultores pela simplicidade, rapidez e baixo custo (ARGENTA; MATTHEIS; FAN, 2010a). Adicionalmente, o percentual de cobertura das maçãs com cor vermelha é levado em consideração para determinar o início da colheita, por afetar significativamente a aparência e seu valor comercial (WATKINS, 2003; ARGENTA; MATTHEIS; FAN, 2010a).

Medidas fisiológicas e físico-químicas nos frutos correspondentes ao período ideal de colheita comercial e para máxima qualidade após a armazenagem não foram ainda estabelecidas para maçãs ‘Venice’. Nesse sentido, este trabalho

teve como objetivo identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas à comercialização imediata ou ao armazenamento em atmosfera do ar (AA) e em atmosfera controlada (AC).

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs ‘Venice’ foram colhidas em um pomar experimental localizado no município de Fraiburgo, SC (27°01’ S e 50°55’ W, com altitude entre 950-1.000 m), na safra 2013/2014 (Figura 1). Para tanto, foram utilizadas plantas de seis anos de idade enxertadas sobre Marubakaido com filtro de M-9, e espaçadas em 0,80 m entre plantas e 3,80 m entre fileiras.

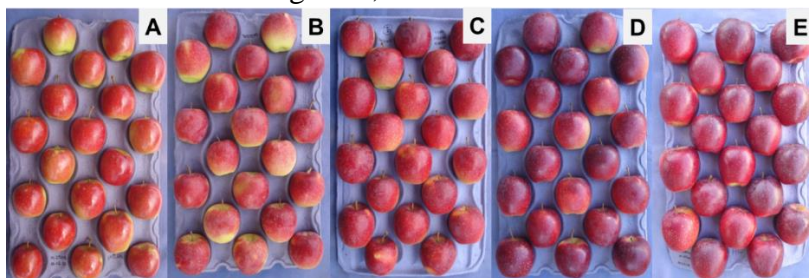
Figura 1 – Caracterização de plantas (A) e frutos (B e C) de um pomar de maçãs ‘Venice’ na safra 2013/2014 em Fraiburgo-SC, 2014.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Amostras de frutos foram colhidas semanalmente, durante cinco semanas, aos 144, 151, 158, 165 e 172 dias após a plena floração (DAPF) (Figura 2). Após a colheita, foram selecionados frutos de tamanho uniforme e sem defeitos, os quais foram posteriormente separados aleatoriamente em três amostras. Dentre as amostras, uma foi destinada à análise dos atributos de maturação, realizada no dia seguinte à colheita, e as outras duas amostras foram destinadas à armazenagem em AA e AC.

Figura 2 - Amostras de frutos de ‘Venice’ colhidas semanalmente, durante cinco semanas, aos 144 (A), 151 (B), 158 (C), 165 (D) e 172 (E) dias após a plena floração (DAPF), na safra 2013/2014 em Fraiburgo-SC, 2014.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Os frutos foram armazenados em AA por 240 dias, com umidade relativa (UR) de $85 \pm 5\%$ e temperatura de $0,5 \pm 0,5$ °C. Após o armazenamento em AA, os frutos foram mantidos em condição ambiente ($23 \pm 0,3$ °C e UR de $68 \pm 0,6\%$) por cinco dias antes de serem analisados. Os frutos foram armazenados em AC por 265 dias em câmara comercial, com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂, temperatura de $0,7 \pm 0,5$ °C e UR de $93 \pm 3\%$. Após o armazenamento em AC, os frutos foram mantidos em condição ambiente por dois dias antes de serem analisados.

Para o armazenamento em AA e em AC foram avaliados 110 e 60 frutos, respectivamente, por estágio de maturação na colheita. Cada fruto foi considerado como uma repetição para as análises de massa fresca de fruto, intensidade de cor vermelha, índice de amido e cor de fundo na colheita, firmeza de polpa na colheita e após a armazenagem e incidência e severidade de distúrbios fisiológicos e patológicos após a armazenagem. Os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e taxas respiratórias e de produção de etileno foram analisados na colheita e após a armazenagem em AC, utilizando quatro sub-amostras de sete frutos, correspondentes a quatro repetições por tratamento.

A massa fresca dos frutos foi mensurada em gramas, com o auxílio de uma balança eletrônica modelo 9094C/4 (Toledo do Brasil, São Bernardo do Campo, Brasil), com precisão de três dígitos após a vírgula.

As avaliações de produção de etileno e de taxas respiratórias foram realizadas em quatro amostras de frutos, usando um sistema de fluxo contínuo. Amostras de frutos (± 1000 g) foram colocadas em jarras de 4 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a 100 mL min^{-1} , e mantidas a $23 \pm 0,3$ °C durante 12 h, para equilíbrio da temperatura. No ar efluente foi analisada a concentração de CO_2 e etileno por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Japão) equipado com um metanador, dois detectores de ionização de chama, uma coluna de aço inoxidável com 1,0 m de comprimento e 2,0 mm de diâmetro interno (para CO_2) e uma coluna de vidro com 1,6 m de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno (para etileno). Ambas as colunas continham PoropakQ 80 a 100 mesh como fase estacionária. As temperaturas para forno, detectores, metanador e injetor foram fixadas em 45; 120; 300 e 110 °C, respectivamente. Os fluxos de gás de N_2 , H_2 e ar foram de 70; 30 e 300 mL min^{-1} , respectivamente, para as análises de etileno e CO_2 .

A intensidade de cor vermelha foi estimada visualmente na colheita, considerando a porcentagem de área coberta com a coloração vermelha, relativa à superfície total do fruto.

A cor de fundo também foi estimada visualmente para frutos na colheita e mantidos em AC, atribuindo-se notas de 1(verde) a 5 (amarelado) conforme catálogo de escalas de cores desenvolvido para maçãs ‘Fuji’ (ARGENTA; VIEIRA; SCOLARO, 2010b).

O índice de amido foi avaliado na colheita, utilizando a escala de 1 a 9, na qual o índice 1 (secção transversal da polpa corada pelo complexo iodo-amido) indica alto teor de amido e fruto imaturo, e o índice 9 (secção transversal da polpa não corada pelo complexo iodo-amido) indica teor de amido próximo a zero e fruto amadurecido (BENDER; EBERT, 1985).

A análise da firmeza da polpa (Ib) foi realizada em um lado da superfície de cada fruto na região equatorial, onde previamente foi removida a epiderme, pela utilização de um penetrômetro eletrônico motorizado com ponteira de 11 mm de diâmetro (GÜSS FruitTextureAnalyser, África do Sul).

Os valores de AT e SS foram obtidos através de uma amostra de suco obtida pelo processamento de amostras de tecidos da secção transversal dos frutos em espremedor centrífugo tipo Champion (Plastaket Mgf, CA, EUA). A AT (% de ácido málico) foi determinada pela titulação de 10 mL de suco, diluído em 20 mL de água destilada, com NaOH 0,1 N até pH 8,2, usando titulador automático (Radiometer, França). O teor de SS (°Brix) foi determinado com auxílio de um refratômetro digital com compensação automática de temperatura modelo PR101α (Atago, Japão).

A incidência de frutos com sintomas de rachadura senescente foi determinada atribuindo escores 1 e 2, para ausência e presença, respectivamente.

O pingo-de-mel foi classificado de acordo com os seguintes escores: 1: ausente; 2: leve, manchas aquosas com < 5 mm de diâmetro entorno dos feixes vasculares; 3: moderada,

com manchas aquosas com 5 mm a 15 mm de diâmetro entorno dos feixes vasculares; e 4: severa, com manchas aquosas coalescidas entorno dos feixes vasculares e espalhadas no córtex.

As observações de podridões, distúrbios fisiológicos e escurecimento de polpa foram realizadas com base nos frutos cortados, transversalmente, e visualmente identificados pelo grau de severidade.

Para podridões foram atribuídos escores 1: para ausência; e 2 e 3: para uma ou duas lesões com somatório de diâmetro (s) inferior a 1 cm e superior a 1 cm de diâmetro, respectivamente.

A podridão carpelar foi examinada utilizando escala com escores 1: ausência de fungo ou presença de fungo no carpelo, mas sem lesão na polpa; 2: lesão inicial, < 1 cm de diâmetro na polpa; 3: lesão entre 1 e 3 cm de diâmetro na polpa; e 4: lesão > 3 cm de diâmetro na polpa.

A degenerescência senescente foi analisada pela severidade do sintoma utilizando escala com escores 1: ausência do sintoma; 2: inicial: 1 a 30% da secção transversal com coloração amarronzada; 3: moderada, 30% a 60% da secção transversal com coloração amarronzada difusa; e 4: severa, mais de 60% da secção transversal com coloração amarronzada.

A escaldadura superficial foi avaliada atribuindo-se nota 1 para ausência, nota 2 para sintoma < 25% da área do fruto, nota 3 para sintoma entre 25 e 50% da área do fruto, e nota 4 para sintoma > 50% da área do fruto.

O distúrbio dano por CO₂ foi analisado pela severidade do sintoma de manchas marrons escuras com margens bem definidas e úmidas nas regiões do córtex e medula. Para isto, foram utilizados os escores de severidade 1: nenhuma mancha marrom escura; 2: de 1 a 30% da secção transversal (córtex e medula) com manchas marrons escuras; 3: 31% a 60% da secção transversal com manchas escuras e 4: > 60% da secção transversal com manchas marrons escuras. Já o dano por CO₂

com a formação de cavidade foi avaliado a partir dos escores de severidade 1: ausência de dano; 2: dano inicial (1 a 2 cavidades); 3: dano moderado (3 a 5 cavidades); e 4: dano severo (> 5 cavidades).

A severidade de "bitter pit" foi avaliada através de notas, onde atribuiu-se 1 para ausência do distúrbio, 2 para número de lesões entre 1 e 3, 3 para número de lesões entre 4 a 9, e 4 para número de lesões >10.

Após 265 dias de armazenamento de AC, seguidos por mais dois dias em condição ambiente, os frutos foram submetidos à análise sensorial. As avaliações foram realizadas em três empresas distintas, utilizando, para tanto, 160 provadores não treinados. Para cada provador foi fornecido uma bandeja contendo seis amostras de maçãs, correspondendo aos cinco tratamentos (datas de colheita). Cada amostra correspondeu a $\frac{1}{4}$ de uma maçã cortada na forma de cunha, sem casca e sem semente. Os frutos foram cortados e descascados imediatamente antes da análise sensorial, de forma a prevenir o escurecimento da polpa. A análise sensorial foi realizada pelo método de ordenação, conforme descrito por Chaves e Sproesser (2005), com pequena modificação. Para cada julgador, foi solicitado que analisasse sensorialmente as amostras, ordenando-as da melhor para a pior, de acordo com a qualidade da textura e do sabor e, a seguir, conferisse uma nota da qualidade global (textura e sabor), seguindo a seguinte escala: muito inferior; inferior; mediana; superior; e muito superior. Duas ou mais amostras poderiam receber a mesma nota, caso o julgador não as distinguísse quanto à textura e sabor (STANGER et al., 2013).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa SAS (SAS INSTITUTE INC., 2002). Os efeitos de tratamento foram analisados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os efeitos das datas de colheita sobre a firmeza

de polpa foram ainda ajustados através da análise de regressão, para determinação da taxa de perda de firmeza de polpa.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

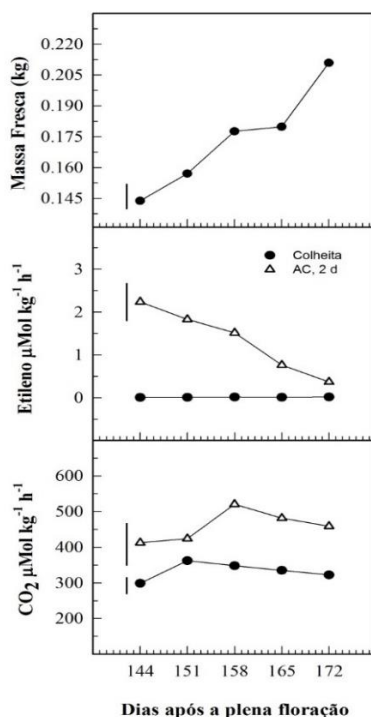
Entre a primeira e a última colheita (144 e 172 DAPF, respectivamente) houve um incremento de aproximadamente 30% na massa fresca dos frutos (Figura 3). Outros autores têm verificado aumento de produtividade em maçãs pela colheita tardia (WALTKINS, 2003).

Na colheita, a produção de etileno aumentou a partir de 158 DAPF (Figura 3). Estudos indicam que o período ideal de colheita de maçãs destinadas à armazenagem por longos períodos ocorre no estágio em que a respiração é mínima, e antes do aumento acentuado da produção de etileno (WATKINS, 2003). Após o armazenamento em AC, frutos colhidos até 151 DAPF apresentaram maior produção de etileno em relação àqueles colhidos após 165 DAPF. Possivelmente os frutos que foram colhidos mais tarde já estavam no pós-climatério, ou seja, mais próximo à senescência e, portanto, com uma menor produção de etileno. Nesse sentido, os dados de produção de etileno sinalizam que o período ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas a longos períodos de armazenagem deva ocorrer até 151 DAPF.

A taxa respiratória de maçãs ‘Venice’ foi mais elevada para frutos colhidos aos 151 e 158 DAPF, em relação àqueles colhidos 144 DAPF (Figura 3). A taxa respiratória de maçãs é máxima no período de divisão celular, durante as primeiras semanas após a fecundação, e diminui 2 a 3 vezes ao longo do seu crescimento, para atingir um mínimo antes do início da maturação hortícola (comercial) (ARGENTA, 2006). Segundo Steffens et al. (2007), frutos que apresentam taxas respiratórias mais elevadas tendem a entrar em senescência mais cedo e a ter sua vida pós-colheita reduzida. Após o armazenamento, não

houve diferença entre as datas de colheita com relação à taxa respiratória.

Figura 3 – Massa fresca dos frutos, taxa de produção de etileno e taxa respiratória de maçãs ‘Venice’, em função da data de colheita. As taxas de produção de etileno e de respiração foram analisadas um dia após a colheita e após 265 dias de armazenagem sob atmosfera controlada (AC; 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂) na temperatura de 0,7±0,5 °C e UR de 93±3%, mais dois dias (a 23±0,3 °C e UR de 68%). As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey (p<0,05).



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Aos 172 DAPF, os frutos estavam com mais de 85% da área coberta pela cor vermelha (Figura 4). Baldwin (2002) e Harker; Gunson; Jaeger (2003) salientam que aspectos da aparência, incluindo a coloração, são os atributos de qualidade mais percebidos pelos consumidores e que mais influenciam a primeira compra dos frutos. As normas brasileiras de classificação de maçã, tanto para os frutos produzidos no Brasil quanto para aqueles importados, regulamentam que o mínimo de área da epiderme da fruta com coloração vermelha, para as cultivares vermelhas é: a) Categoria Extra: maior ou igual a 75%; b) Categoria 1: maior ou igual a 50%; c) Categoria 2: maior ou igual a 25%; e d) Categoria 3: maior ou igual a 15% (BRASIL, 2006; STANGER et al., 2013). Dessa forma, utilizando a norma citada acima e considerando-se apenas as medidas de cor, todos os frutos enquadrar-se-iam na Categoria 1, a partir dos 144 DAPF. Já para colher frutos na Categoria Extra, o ponto ideal de colheita ocorreu a partir de 158 DAPF.

Na colheita, a cor de fundo da epiderme dos frutos colhidos aos 172 DAPF, encontrava-se muito próximo a nota máxima da escala (amarelo-laranja), indicando que os mesmos encontravam-se em estágio de maturação mais avançado (Figura 4). A cor de fundo aumentou progressivamente (maior amarelecimento) com o retardo do período de colheita. Para Argenta; Vieira; Scolaro (2010b), os índices de cor de fundo para colheita da ‘Gala’ variam de 2,8 e 4,1, para ‘Royal Gala’ de 2,5 a 3,7 e para ‘Fuji’ de 2,2 a 3,6. Assim, o ponto ideal para a colheita da ‘Venice’, considerando os índices de cor de fundo recomendados para a ‘Fuji’, esteve entre 144 e 151 DAPF. Após esse período, os frutos apresentariam, de acordo com esta mesma escala, uma cor de fundo excessivamente amarelada, não sendo, portanto, recomendadas para a colheita.

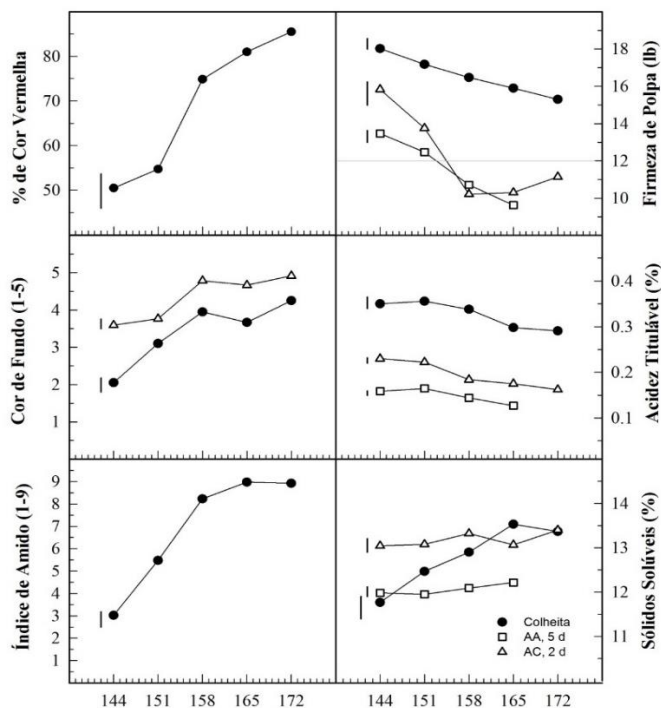
O maior índice de amido foi verificado para a colheita realizada após os 165 DAPF, indicando que os frutos encontravam-se em estágio de maturação mais avançado em relação aos demais. Após esse período, o índice de amido

reduziu progressivamente até os 144 DAPF (Figura 4). Com base no recomendado por Argenta et al. (1995), o índice de amido recomendado para a colheita de maçãs ‘Gala’ e ‘Golden Delicious’ ocorre entre 3 e 5, e entre 4 e 6 para ‘Fuji’. Assim, considerando a escala de índice de amido utilizada para ‘Fuji’, o período ideal para a colheita dos frutos ocorreu aos 151 DAPF.

A maior firmeza de polpa foi observada aos 144 DAPF, diminuindo a cada data de colheita, tanto para os frutos mensurados logo após a colheita, quanto para aqueles armazenados sob AA (Figura 4). Já para os frutos armazenados em AC, houve uma redução progressiva até os 158 DAPF, não diferindo após esse período. A firmeza da polpa é o atributo de qualidade interna de maçãs que mais se correlaciona com índices de preferência dos consumidores, embora os níveis de AT e o teor de SS também sejam importantes (HARKER et al., 2002; 2008).

Estudos de Harker et al. (2008), indicam que a firmeza da polpa de maçãs deve ser superior a 14 lb para máxima aceitação pelos consumidores. Contudo, quando os níveis de firmeza são inferiores a 12 lb, observa-se redução da crocância e da suculência dos frutos e aumento significativo da incidência de ‘polpa farinácea’, sendo estas características percebidas de forma negativa pelos consumidores (HARKER et al., 2002). Segundo Argenta et al. (2015), a menor firmeza de polpa em maçãs não resulta apenas em menor apreciação sensorial pelos consumidores, mas também favorece a incidência de escurecimento da polpa e aumenta a vulnerabilidade dos frutos a danos mecânicos e podridões.

Figura 4 – Porcentagem de cor vermelha e índice de amido na colheita, e cor de fundo, firmeza de polpa, acidez titulável e sólidos solúveis na colheita e após armazenamento em atmosfera do ar (AA; 240 dias a 0,5 °C mais cinco dias a 23 °C) e em atmosfera controlada (AC; 265 dias com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C, mais dois dias sob AA a 23 °C) de maçãs ‘Venice’. As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As linhas horizontais indicam limite inferior da firmeza da polpa, abaixo do qual as maçãs possuem menor valor e aceitação comercial.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Quando avaliados imediatamente após a colheita, todos os frutos apresentaram firmeza de polpa superior a 14 lb, mesmo para àqueles colhidos 172 DAPF (Figura 4). Entretanto, os frutos apresentaram firmeza de polpa inferior a 12 lb após o armazenamento sob AA e AC, quando colhidos de 158 a 172 DAPF. Dessa forma, os frutos podem ser colhidos tardiamente, quando destinados à comercialização imediata. Todavia, quando destinados à armazenagem, a colheita deve ser realizada de 144 a 151 DAPF.

Os modelos lineares ajustados indicaram que a taxa de perda de firmeza de polpa em função da data de colheita, para frutos analisados no dia seguinte à colheita, foi de 0,67 lb por semana (Tabela 1). Esses valores são menores em comparação àqueles observados para maçãs ‘Gala’ (1,28 lb por semana), ‘Fuji’ (0,83 lb por semana) (ARGENTA et al., 1995) e ‘Daiane’ (0,94 lb por semana) (STANGER et al., 2013), produzidas na mesma região de Fraiburgo-SC. Após a armazenagem, os frutos apresentaram uma taxa de perda de firmeza de polpa de 1,33 e 1,28 lb/semana em função da data de colheita, para frutos armazenados sob AA e AC, respectivamente. Trabalhando com maçãs ‘Daiane’ armazenadas em AC durante 240 dias, Stanger et al. (2013) verificaram uma taxa de perda de firmeza de polpa em função da data de colheita de 0,97 lb/semana. Assim, esses resultados indicam que apesar da taxa de perda de firmeza de maçãs ‘Venice’ ser mais lenta que a de maçãs ‘Daiane’ para frutos avaliados imediatamente após a colheita, após o armazenamento essa taxa foi mais elevada para maçãs ‘Venice’. Dessa forma, foi possível perceber que o efeito da data de colheita sobre a perda de firmeza de polpa foi maior para frutos destinados ao armazenamento.

Tabela 1 – Taxas de perda de firmeza de polpa (lb/semana), estimadas pelas funções de regressão entre data de colheita (x) e firmeza de polpa (y) em maçãs ‘Venice’, analisadas na colheita e após armazenamento em atmosfera do ar (AA; 240 dias a 0,5 °C mais cinco dias a 23 °C) e em atmosfera controlada (AC; 265 dias com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C, mais dois dias sob AA a 23 °C).

| Época de análise | Modelo Linear | | Probabilidade | Taxa de perda de firmeza (lb/semana) |
|-------------------|---------------|--------|---------------|--------------------------------------|
| | a | b | | |
| Na colheita | 31,74 | -0,096 | <0,0001 | 0,67 |
| 240 d AA + 5 d AA | 40,93 | -0,190 | <0,0001 | 1,33 |
| 265 d AC + 2 d AA | 41,11 | -0,183 | <0,0001 | 1,28 |

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Para avaliação realizada após a colheita, a AT não diferiu entre as três primeiras colheitas (144, 151 e 158 DAPF), sendo superior à de frutos colhidos aos 165 e 172 DAPF (Figura 4). Para frutos avaliados após a armazenagem em AA, a colheita até 151 DAPF proporcionou maior AT em comparação às demais datas de colheitas, reduzindo após 158 DAPF. Após o armazenamento em AC, a menor AT foi observada nos frutos colhidos aos 172 DAPF. Assim como para o AA, a colheita aos 144 e 151 DAPF ocasionou maior AT nos frutos. Esses resultados podem ser explicados pelo teor de ácidos orgânicos que tendem a diminuir com a maturação dos frutos, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de SS aumentou continuamente em função da data de colheita, tanto para frutos avaliados após colheita quanto para

aqueles avaliados após a armazenagem em AA e em AC (Figura 4). Possivelmente, o aumento no teor de SS tenha sido ocasionado pela hidrólise do amido, devido ao avanço do estágio de maturação em função do atraso da colheita (ARGENTA, 2006). Para Harker et al. (2002; 2008), os índices de preferências dos consumidores por maçãs se correlacionam positivamente com o teor de SS, ocorrendo rejeição de maçãs com baixo teor de SS, quando inferior a 12%. Para a análise realizada imediatamente após a colheita, todos os frutos que foram colhidos após 151 DAPF apresentaram teor de SS superior a 12%. Já após o armazenamento em AA ou AC, todas as datas de colheita proporcionaram aos frutos teor de SS superior a 12%. O teor de açúcares é determinante da qualidade, uma vez que está associado ao sabor e aroma dos frutos.

Não houve incidência de pingo-de-mel nos frutos, inclusive para àqueles colhidos em estágio de maturação mais avançado (172 DAPF). Essa pode ser considerada uma vantagem em relação a cultivar Fuji, que apresenta alta suscetibilidade a esse distúrbio fisiológico. A incidência de pingo-de-mel está associada ao estágio de maturação dos frutos, sendo que frutos mais maduros apresentam maior incidência e severidade (BOWEN; WATKINS, 1997). Além disso, o pingo-de-mel pode evoluir para a degenerescência de polpa durante o período de armazenamento, ocasionando consideráveis perdas econômicas (LAMMERTYN et al., 2000). Entretanto, Harker et al. (1999) citam que frutos produzidos em regiões mais frias apresentam maior incidência de pingo-de-mel, além de desenvolver o distúrbio mais precocemente e com maior severidade. Assim, ainda que os resultados tenham indicado uma baixa suscetibilidade ao distúrbio, seria necessário o estudo do comportamento da ‘Venice’ em regiões mais frias, para confirmação de que a cultivar apresenta, de fato, baixa suscetibilidade ao distúrbio.

Para os frutos armazenados em AA, a colheita aos 165 DAPF ocasionou maior severidade de podridões,

comparativamente às demais datas (Tabela 2). A colheita aos 144 DAPF proporcionou menor severidade de podridões em relação às colheitas realizadas após 158 DAPF. Para frutos armazenados em AC, a colheita aos 172 DAPF aumentou a severidade de podridões em comparação aos demais períodos de colheita. As perdas ocorridas ao longo do período pós-colheita de maçãs são, em grande parte, ocasionadas pelas podridões dos frutos (SANHUEZA et al., 2011). Outros estudos com maçãs ‘Gala’, ‘Fuji’ e ‘Braeburn’ também mostram o aumento do desenvolvimento de podridões pela colheita tardia (STEFFENS; GIEHL; BRACKMANN, 2005). De acordo com os sintomas apresentados, a maior parte das podridões foi identificada como sendo ocasionadas por *Penicillium spp.* (dados não apresentados). Houve baixa ocorrência de podridão carpelar para todas as avaliações (incidência inferior a 2,5%; dados não apresentados), não havendo diferença entre as datas de colheita.

Tabela 2 – Severidade de podridões, degenerescência senescente e escaldadura superficial em maçãs ‘Venice’ armazenadas em atmosfera do ar (AA; 240 dias a 0,5 °C mais cinco dias a 23 °C) e armazenadas em atmosfera do controlada (AC; 265 dias com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C, mais dois dias sob AA a 23 °C).

| DAPF | Podridões (1-3) | Degenerescência senescente (1-4) | Escaldadura superficial (1-4) |
|---------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------|
| AA + 5 dias a 20 °C | | | |
| 144 | 1,01 c | 1,00 b | 1,10 a |
| 151 | 1,04 bc | 1,00 b | 1,04 b |
| 158 | 1,20 b | 1,10 b | 1,01 b |
| 165 | 1,70 a | 1,60 a | 1,00 b |
| CV (%) | 44,95 | 44,20 | 21,57 |
| AC + 2 dias a 20 °C | | | |
| 144 | 1,10 b | 1,00 b | 1,12 ab |
| 151 | 1,02 b | 1,00 b | 1,13 a |
| 158 | 1,20 b | 1,20 a | 1,00 b |
| 165 | 1,10 b | 1,20 a | 1,00 b |
| 172 | 1,50 a | 1,20 a | 1,00 b |
| CV (%) | 40,17 | 30,10 | 24,78 |

Escala de severidade para podridões: 1: para ausência; e 2 e 3: para uma ou duas lesões com somatório de diâmetro(s) inferior a 1 cm e superior a 1 cm de diâmetro, respectivamente. Para degenerescência de polpa: 1: ausência do sintoma; 2: inicial: 1 a 30% da secção transversal com coloração amarronzada; 3: moderada, 30% a 60% da secção transversal com coloração amarronzada difusa; e 4: severa, mais de 60% da secção transversal com coloração amarronzada. Para escaldadura superficial: 1 para ausência, nota 2 para sintoma < 25% da área do fruto, nota 3 para sintoma entre 25 e 50% da área do fruto, e nota 4 para sintoma > 50% da área do fruto. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

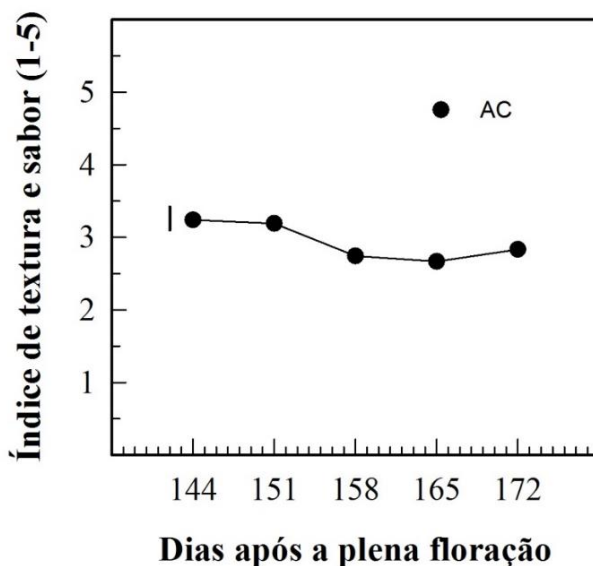
O estágio de maturação na colheita está dentre os fatores pós-colheita que mais apresentam influência sobre a degenerescência senescente. Frutos colhidos a partir dos 165 e 158 DAPF ocasionaram a ocorrência de degenerescência senescente em AA e em AC, respectivamente (Tabela 2). Vários autores, como Lammertyn et al. (2000), Franck et al. (2007) e Martin et al. (2015), verificaram que em peras colhidas mais maduras, com uma firmeza de polpa mais baixa, são mais suscetíveis à ocorrência do escurecimento de polpa, enquanto frutos colhidos precocemente, com firmeza de polpa mais elevada, tendem a ser menos suscetíveis ao distúrbio durante o armazenamento.

Para maçãs armazenadas sob AA, a colheita aos 144 DAPF proporcionou maior severidade de escaldadura superficial nos frutos (Tabela 2). Para frutos armazenados sob AC, a colheita aos 151 DAPF ocasionou maior severidade do distúrbio em relação às colheitas realizadas após os 158 DAPF, não diferindo, contudo, dos frutos colhidos aos 144 DAPF. Basso (2006) salienta que o ponto de colheita é um fator importante no tocante à incidência de escaldadura superficial, sendo que quanto mais verde os frutos forem colhidos, maior a suscetibilidade à escaldadura.

Frutos colhidos aos 144 e 151 DAPF apresentaram qualidade sensorial superior após o armazenamento em AC em relação aos colhidos nos demais períodos (Figura 5). De maneira geral, a colheita após o ponto ideal culmina em frutos mais doces, menos ácidos, com menor firmeza de polpa e com menos suculência. Para Camilo e Denardi (2006), as preferências dos consumidores variam em se tratando de paladar, uma vez que algumas pessoas preferem maçãs mais ácidas, outras mais doces, e ainda há outras que preferem frutas bem equilibradas quanto aos teores de açúcares e ácidos. De acordo com Jaeger et al. (1998), a preferência do consumidor de maçãs é geralmente associada com a firmeza de polpa, suculência e doçura, sendo que eles percebem a polpa farinácea como um atributo de

qualidade negativo e o associam ao armazenamento por longos períodos. Assim sendo, possivelmente os maiores índices de sabor apresentados pelos frutos colhidos aos 144 e 151 DAPF, tenham sido decorrentes da firmeza de polpa mais elevada após o armazenamento em AC, uma vez que ambas as datas de colheita apresentaram firmeza de polpa mais elevada em relação às demais condições, com valores superiores a 12 lb após o armazenamento.

Figura 5 – Índice sensorial para textura e sabor de maçãs ‘Venice’, após 265 dias de armazenagem sob atmosfera controlada (AC; 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂, sob uma temperatura de $0,7 \pm 0,5$ °C) e mais dois dias a ($23 \pm 0,3$ °C e UR de $68 \pm 0,6\%$). As barras verticais internas ao gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), para cada período de armazenagem.



Fonte: produção do próprio autor, 2016.

2.6 CONCLUSÕES

Quando destinadas à comercialização imediata, maçãs ‘Venice’ devem ser colhidas de 158 a 172 DAPF. Os índices de maturação para esse período variaram de 15,3 a 16,5 lb para firmeza de polpa, de 12,9 a 13,4% para sólidos solúveis, de 0,291 a 0,338% para acidez titulável, de 8,2 a 9,0 para índice de amido e de 3,7 a 4,3 para cor de fundo da epiderme.

O ponto ideal de colheita de maçãs ‘Venice’ destinadas a longos períodos de armazenagem ocorreu entre 144 e 151 dias após a plena floração DAPF. Os índices de maturação para esse período variaram de 17,2 a 18,0 lb para firmeza de polpa, de 11,8 a 12,5% para sólidos solúveis, de 0,350 a 0,356% para acidez titulável, de 3,0 a 5,5 para índice de amido e de 2,1 a 3,1 para cor de fundo da epiderme.

3 POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS ‘VENICE’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TECNOLOGIAS DE ARMAZENAGEM

3.1 RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o potencial de conservação de maçãs ‘Venice’ submetidas a diferentes tecnologias de armazenagem. Os frutos foram colhidos em fevereiro de 2013 e de 2014, em um pomar experimental localizado no município de Fraiburgo, SC. Os seguintes tratamentos foram avaliados: armazenagem refrigerada sob atmosfera do ar (AA; $0,5 \pm 0,5$ °C e UR de $85 \pm 5\%$) com e sem aplicação de 1-MCP e armazenagem refrigerada sob atmosfera controlada (AC; 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂, a $0,7 \pm 0,5$ °C e UR de $93 \pm 3\%$) com e sem aplicação de 1-MCP. Os frutos foram armazenados por até oito e dez meses, para os anos de 2013 e 2014, respectivamente. A maturação e a qualidade das maçãs foram analisadas um dia após a colheita, e a cada dois meses de

armazenagem, na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente ($23\pm0,3$ °C). Frutos armazenados sob AA sem aplicação de 1-MCP apresentaram maior incidência de podridões e maiores taxas respiratória e de produção de etileno, bem como uma coloração da epiderme mais amarela e menores valores de acidez titulável e de teor de sólidos solúveis em comparação às demais condições de armazenagem. Frutos armazenados sob AA sem a aplicação de 1-MCP apresentaram menor firmeza de polpa e maior taxa de perda de firmeza de polpa em relação a frutos submetidos à aplicação de 1-MCP ou armazenados sob AC sem e com aplicação de 1-MCP. O uso de 1-MCP não proporciona vantagens para maçãs 'Venice' armazenadas sob AC. Quando armazenadas sob AC e/ou submetidas à aplicação de 1-MCP, maçãs 'Venice' podem ser armazenadas por até dez meses com qualidade. Quando submetidas ao armazenamento em AA sem a aplicação de 1-MCP, o armazenamento de maçãs 'Venice' não deve estender-se além de seis meses.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh. Atmosfera Controlada. 1-Metilciclopropeno. Firmeza de polpa. Pós-colheita.

3.2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate 'Venice' apples storage potential under different storage technologies. The fruits were harvested in February 2013 and 2014, in an experimental orchard located in Fraiburgo, SC. The following treatments were evaluated: cold storage in an atmosphere of air (AA, 0.5 ± 0.5 °C and RH $85\pm5\%$) with and without application of 1-MCP and cold storage under controlled atmosphere (CA; 1.5 kPa of O₂ and 1.5 kPa of CO₂ at 0.7 ± 0.5 °C and RH of $93\pm3\%$) with and without application of 1-MCP. The fruits were stored for up to eight and ten months for the years 2013 and 2014, respectively. The maturation and the

quality of apples were evaluated one day after harvest, and every two months of storage after one and seven of shelf life (23 ± 0.3 °C). Fruits stored in AA without application of 1-MCP have higher decay incidence, ethylene production and respiratory rates, as well as yellower skin and lower titratable acidity and soluble solids content compared to other storage conditions. The fruits stored under AA without 1-MCP application had lower firmness and lower loss of firmness rate compared to fruits submitted to 1-MCP application and stored under CA. The use of 1-MCP does not provide advantages to 'Venice' apples stored under CA. When stored under CA and/or subject to 1-MCP application, 'Venice' apples can be stored for up to ten months with quality. When subjected to storage in AA without the application of 1-MCP, the storage of apples 'Venice' should not extend beyond six months.

Key-words: *Malus domestica* Borkh. Controlled atmosphere. 1-methylcyclopropene. Firmness. Postharvest.

3.3 INTRODUÇÃO

A 'Venice' é uma nova cultivar de macieira, resultante do cruzamento entre 'Imperatriz' (♀) e 'Baronesa' (♂). Essa cultivar apresenta médio requerimento de frio hibernal, alta produtividade, resistência à mancha foliar de glomerella e elevada qualidade dos frutos, especialmente quanto à textura e sabor. Os frutos dessa nova cultivar de maçã apresentam o período de colheita compreendido entre o das maçãs 'Gala' e 'Fuji', possibilitando o escalonamento da colheita, melhorando o aproveitamento da mão-de-obra no pomar e reduzindo as perdas quantitativas e qualitativas ocasionadas pela colheita dos frutos fora do estágio de maturação ideal (DENARDI; KVITSCHAL; HAWERROTH, 2015).

Para ter fornecimento durando todo o ano, uma parte da maçã colhida é armazenada em câmaras frias, enquanto que a

outra parte é comercializada para o consumo *in natura*, logo após a colheita (BONETI et al., 2006). Nesse sentido, o armazenamento adequado é um dos pontos críticos para o sucesso da comercialização dos frutos temperados. As condições de armazenamento e os métodos de conservação pós-colheita são baseados no desejo de manter a qualidade em atributos como cor, firmeza, acidez e teor de açúcar, a fim de satisfazer o objetivo de maximizar a vida pós-colheita e aperfeiçoar a qualidade comercial (AYALA-ZAVALA et al., 2004).

A refrigeração é a prática mais importante para retardar o processo de deterioração. No entanto, o armazenamento sob atmosfera do ar (AA), com controle da temperatura e da umidade relativa do ar (UR), permite curto período de conservação dos frutos em função do rápido amadurecimento e da incidência de podridões (BRACKMANN et al., 2005d) e de distúrbios fisiológicos, bem como acentuada perda de acidez (BRACKMANN et al., 2002c). Assim, em muitos casos, é necessário associar à refrigeração outros métodos de conservação para melhor preservar os aspectos de qualidade pós-colheita.

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) é um método que envolve o controle da temperatura, da UR e das concentrações de O_2 e CO_2 , com consequente redução da síntese do etileno e da taxa respiratória. Dessa forma, o armazenamento em AC visa retardar o amadurecimento e a senescência dos frutos, além de ocasionar a redução da incidência de distúrbios fisiológicos e podridões (BRACKMANN et al., 2010), permitindo maior conservação das características físico-químicas e, dessa forma, prologando o período de armazenamento (BRACKMANN et al., 2012). Com a utilização dessa tecnologia, algumas cultivares apresentam um adicional de 50% no tempo de armazenagem, o que torna possível a comercialização 9 a 12 meses após a colheita. Todavia, de acordo com Thompson (2010), os regimes ideais de O_2 e CO_2 sob AC são específicos para cada cultivar.

Segundo Brackmann et al. (2009a), a ação do etileno sobre a maturação dos frutos pode ser reduzida mediante sua absorção logo após ser produzido e/ou pela aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP). O 1-MCP inibe a ação do etileno, impedindo respostas dependentes desse hormônio, tais como amadurecimento e senescência de frutos (MINAS et al., 2013). Devido ao fato de o 1-MCP não apresentar toxicidade, ser ativo em concentrações muito baixas, ter seu resíduo desprezível e ser considerado não nocivo para seres humanos e para o meio ambiente, apresenta-se como uma ferramenta para manter a qualidade dos produtos hortícolas (LUO et al., 2007).

A tecnologia de inibição do etileno pelo 1-MCP vem sendo cada vez mais usada para armazenagem comercial de maçãs, por oferecer uma gama de benefícios, como controle de amadurecimento dos frutos e da qualidade sensorial (McCORMICK; NEUWALD; STREIF, 2010), e redução de distúrbios fisiológicos que se desenvolvem durante o período de armazenagem (WATKINS, 2007). Entretanto, a eficiência do 1-MCP em atrasar o amadurecimento de maçãs depende de alguns fatores, entre eles a cultivar e as condições de armazenamento (WATKINS, 2006).

A combinação do armazenamento sob AC com a aplicação de 1-MCP pode proporcionar efeitos aditivos, especialmente após longos períodos de armazenagem (MATTHEIS; FAN; ARGENTA, 2000; WATKINS; NOCK; WHITAKER, 2000). Segundo Steffens; Hunsche; Brackmann, (1998) e Brackmann; Saquet (1999a), a eliminação do etileno em AC mantém a qualidade físico-química e diminui a incidência de frutos com polpa farinácea em maçã ‘Gala’.

Ainda que estudos preliminares tenham sido desenvolvidos com a maçã ‘Venice’, o potencial de armazenamento dessa cultivar sob as diferentes tecnologias utilizadas comercialmente ainda não é totalmente compreendido. Sendo assim, esse estudo teve como objetivo

avaliar o potencial de conservação de maçãs ‘Venice’ submetidas a diferentes tecnologias de armazenagem.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs ‘Venice’ foram colhidas em fevereiro de 2013 (158 dias após a plena floração) e de 2014 (154 dias após a plena floração), em um pomar experimental localizado no município de Fraiburgo, SC (27°01’ S e 50°55’ W, com altitude entre 950-1.000 m). O pomar foi implantado no inverno de 2007, sobre porta enxerto Marubakaido com filtro M-9, no espaçamento de 0,80 m entre plantas e 3,80 m entre fileiras. Após a colheita, foram realizadas a seleção dos frutos e a homogeneização das amostras experimentais, e os frutos com defeitos ou de baixo calibre foram eliminados.

Os efeitos dos seguintes tratamentos foram avaliados: armazenagem refrigerada sob atmosfera do ar (AA); armazenagem refrigerada sob AA com a utilização de 1-MCP; armazenagem refrigerada sob atmosfera controlada (AC); e armazenagem refrigerada sob AC com a utilização de 1-MCP.

Os frutos receberam tratamento com 1-MCP em câmara hermética de 1 m³, durante 24 horas. A dose (1,0 µL L⁻¹) e o tempo de exposição ao 1-MCP (24 horas) corresponderam àqueles indicados como mais eficientes para maçãs (ARGENTA; FAN; MATTHEIS, 2005). Durante o período de tratamento com 1-MCP, os frutos não tratados foram mantidos em câmara hermética igual à usada para tratamento com 1-MCP, sob a mesma temperatura. O gás de 1-MCP foi gerado misturando-se SmartFreshSM (AgroFresh Inc., EUA) e água a 25 °C, num frasco de 500 mL, e bombeado à câmara de tratamento em sistema fechado, pelo período necessário para alcançar a concentração de interesse. A concentração de 1-MCP durante o tratamento foi determinada por cromatografia gasosa (ARGENTA et al., 2003), utilizando-se gás 1-MCP (AgroFresh Inc., Estados Unidos) como padrão.

Os frutos foram armazenados em câmaras por até oito e dez meses, para os anos de 2013 e 2014, respectivamente. O armazenamento foi realizado sob AA com umidade relativa do ar (UR) de $85\pm5\%$, temperatura de $0,5\pm0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou em AC com pressões parciais de 1,5 kPa de O_2 e 1,5 kPa de CO_2 , temperatura de $0,7\pm0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR de $93\pm3\%$. A maturação e a qualidade das maçãs foram analisadas um dia após a colheita, e a cada dois meses de armazenagem, na saída da câmara (após um dia) e após sete dias em condição ambiente ($23\pm0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR de $68\pm0,6\%$).

Cada fruto foi considerado como uma repetição para as análises na colheita de massa fresca, intensidade de cor vermelha, índice de amido e cor de fundo, na colheita e após a armazenagem de firmeza de polpa, e após a armazenagem de incidência e severidade de distúrbios fisiológicos e patológicos. Os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e taxas respiratória e de produção de etileno foram analisados na colheita e após a armazenagem, utilizando quatro sub-amostras de sete frutos, correspondentes a quatro repetições por tratamento. Todas as avaliações foram realizadas em ambos os anos de experimento, com exceção dos atributos de produção de etileno, taxa respiratória, intensidade de cor vermelha e cor de fundo, que foram realizados apenas para o ano de 2014.

Para determinação de produção de etileno e da taxa respiratória, amostras de aproximadamente 1 kg de maçãs foram colocadas em jarras de 4 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a 100 mL min^{-1} , e mantidas em condição ambiente durante 12 h para estabilização da temperatura. No ar efluente foram determinadas as concentrações de etileno e CO_2 por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Japão), equipado com um metanador, dois detectores de ionização de chama, uma coluna de aço inoxidável com 1,0 m de comprimento e 2,0 mm de diâmetro interno (para CO_2) e uma coluna de vidro com 1,6 m de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno (para etileno). Ambas as colunas continham PoropakQ 80 a 100 mesh como fase estacionária. As temperaturas para forno, detectores,

metanador e injetor foram fixadas em 45; 120; 300 e 110 °C, respectivamente. Os fluxos de gás de N₂ (Nitrogênio), H₂ (Hidrogênio) e ar foram de 70; 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente, para as análises de etileno e CO₂.

A intensidade da cor vermelha foi estimada visualmente, considerando a porcentagem de área coberta com a coloração vermelha relativa à superfície total do fruto.

A cor de fundo foi estimada atribuindo notas de 1 (verde) a 5 (amarelo-laranja), conforme catálogo de escalas de cores desenvolvido para maçãs 'Fuji' (ARGENTA; VIEIRA; SCOLARO, 2010b).

O índice de degradação de amido foi estimado visualmente utilizando uma escala de 1 a 9 (1 = 100% da superfície com amido, 9 = 0% da superfície com amido) depois de expor uma secção equatorial de cada fruto à solução de iodo-iodeto de potássio (I₂-KI) (BENDER; EBERT, 1985).

A firmeza de polpa (lb) foi medida em um lado da superfície de cada fruto, na região de transição da cor, do mais avermelhado (mais exposto ao sol) ao menos avermelhado (menos exposto ao sol), pela utilização de um penetrômetro eletrônico motorizado, com ponteira de 11 mm de diâmetro (GÜSS Fruit Texture Analyser, África do Sul), após a remoção de uma pequena porção da epiderme.

Amostras de suco dos frutos foram coletadas pelo uso de um espremedor centrífugo tipo Champion (Plastaket Mgf, CA, EUA) para determinação do teor de SS e AT. O teor de SS (°Brix) no suco foi determinado utilizando um refratômetro digital com compensação automática de temperatura, modelo PR101α (Atago, Japão), enquanto a AT (% de ácido málico) foi determinada pela titulação de 10 mL de suco diluído em 20 mL de água destilada com NaOH 0,1 N até pH 8,2, através de um titulador automático (Radiometer, França).

O pingo-de-mel foi avaliado com base nos seguintes escores: 1: ausente; 2: leve (manchas aquosas com < 5 mm de diâmetro, entorno dos feixes vasculares); 3: moderada (manchas

aquosas com 5 mm a 15 mm de diâmetro entorno dos feixes vasculares); e 4: severa (manchas aquosas coalescidas entorno dos feixes vasculares e espalhadas no córtex).

As avaliações das podridões, bem como dos distúrbios fisiológicos, após cada período de armazenagem, foram realizadas com os frutos fatiados transversalmente, e visualmente identificados pelo grau de severidade.

A severidade de podridões foi avaliada de acordo com o tamanho das lesões visíveis externamente, conforme segue: 1: ausência; 2: inicial: uma ou duas lesões com somatório de diâmetro (s) inferior a 1 cm; e 3: severa: uma ou mais lesões com somatório de diâmetro (s) superior a 1 cm.

A podridão carpelar foi avaliada usando os seguintes escores: 1: ausência de fungo no carpelo, mas sem lesão na polpa; 2: lesão inicial (<1 cm de diâmetro de polpa); 3: lesão entre 1 a 3 cm de diâmetro de polpa; e 4: lesão >3 cm de diâmetro na polpa.

A degenerescência senescente foi analisada pela severidade do sintoma, da seguinte maneira: 1: ausência do sintoma; 2: inicial: 1 a 30% da secção transversal com coloração amarronzada; 3: moderada, 30% a 60% da secção transversal com coloração amarronzada difusa; e 4: severa, mais de 60% da secção transversal com coloração amarronzada.

A escaldadura superficial foi avaliada da seguinte maneira, considerando a porcentagem da superfície do fruto com o sintoma: 1: 0%; 2: 1 a 20%; 3: 21 a 60%; e 4: >60%.

O distúrbio dano por CO₂ foi analisado pela severidade do sintoma de manchas marrons escuras com margens bem definidas e úmidas nas regiões do córtex e medula. Para isto, foram utilizados os seguintes escores de severidade: 1: nenhuma mancha marrom escura; 2: de 1 a 30% da secção transversal (córtex e medula) com manchas marrons escuras; 3: 31% a 60% da secção transversal com manchas escuras e 4: >60% da secção transversal com manchas marrons escuras. Já o dano por CO₂ com a formação de cavidade foi avaliado a partir dos escores de

severidade: 1: ausência de dano; 2: dano inicial (1 a 2 cavidades); 3: dano moderado (3 a 5 cavidades); e 4: dano severo (>5 cavidades).

A severidade de "bitter pit" foi avaliada através de notas, 1 para ausência do distúrbio, 2 para número de lesões >3, 3 para número de lesões entre 4 a 9, e 4 para número de lesões >10.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 40 repetições (cada repetição correspondendo a um fruto) exceto para as análises de SS, AT, etileno e respiração, onde se utilizaram quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa SAS (SAS INSTITUTE INC., 2002). Os efeitos de tratamento, para cada data de armazenagem, foram analisados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os efeitos das condições de armazenagem sobre a firmeza de polpa foram ainda ajustados através da análise de regressão, para determinação da taxa de perda de firmeza de polpa mensal.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2013, no momento da colheita, os frutos apresentaram firmeza de polpa média de 18,6 lb, teor de SS de 14,6%, AT de 0,530%, índice de iodo-amido de 6,6. Em 2014, os frutos apresentaram firmeza de polpa de 16,8 lb, teor de SS de 12,5%, AT de 0,359%, índice de iodo-amido de 5,7, cor de fundo da epiderme de 2,2 e intensidade de cor vermelha de 59,0%.

A taxa de produção de etileno das maçãs 'Venice' foi maior para os frutos armazenados sob AA sem aplicação de 1-MCP, tanto na saída da câmara quanto após sete dias em condição ambiente (Figura 6). Segundo Brackmann et al. (2004), a rápida perda da qualidade em 'Gala' armazenada sob AA está ligada às altas taxas de produção de etileno, além da alta taxa respiratória desta cultivar. Portanto, quanto maior a produção e a ação do etileno, maior a velocidade do

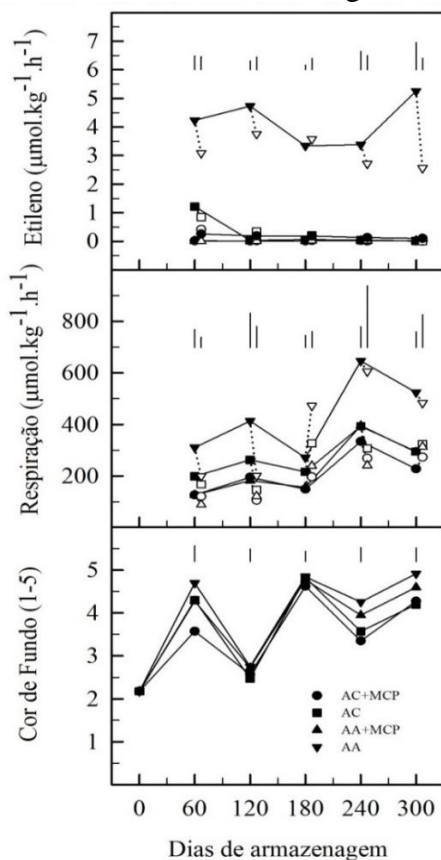
amadurecimento e senescência dos frutos (BRACKMANN et al., 2009b).

Os resultados indicam que a baixa produção de etileno está relacionada tanto com a utilização de 1-MCP quanto com o uso da AC. As maçãs armazenadas em AC apresentam menor produção autocatalítica de etileno em comparação às maçãs em AA (FAN, 1992). Além disso, o fato da AC apresentar baixa pressão parcial de O_2 e alta pressão parcial de CO_2 inibe não apenas a síntese, mas também a ação do etileno. Isso se deve ao fato de que o O_2 é um dos substratos da ACC-oxidase, enzima catalizadora da conversão do ACC em etileno, e o CO_2 ser considerado inibidor competitivo da ligação do etileno ao seu receptor (BRACKMANN et al., 2004). Em relação ao 1-MCP, esse composto se liga de maneira irreversível ao sítio de ligação do etileno e impede que o mesmo se ligue ao receptor e, desta forma, desencadeie o processo de maturação (DE MARTINO et al., 2006).

A taxa respiratória foi reduzida pelo armazenamento sob AC, sem e com aplicação de 1-MCP, e em AA pela aplicação de 1-MCP (Figura 6). O O_2 é o aceptor final da cadeia transportadora de elétrons, sendo que baixas concentrações de O_2 podem restringir essa etapa da respiração. Por outro lado, a menor taxa respiratória nos frutos armazenados sob alto CO_2 possivelmente está relacionada ao efeito inibitório que esse gás exerce sobre enzimas da rota glicolítica e do ciclo dos ácidos tricarbóxílicos (STEFFENS et al., 2007; WANG; SUGAR, 2013). Já o 1-MCP compete diretamente com o etileno pelo sítio de ligação dos receptores no nível de membrana (BLANKENSHIP; DOLE, 2003), reduzindo a produção autocatalítica desse hormônio e, conseqüentemente, o aumento da taxa respiratória. É importante observar que frutos que apresentam taxas respiratórias mais elevadas tendem a entrar em senescência mais cedo e a ter sua vida pós-colheita reduzida (STEFFENS et al., 2007; MARTIN et al., 2015).

O armazenamento sob AA proporcionou aos frutos maior índice de cor de fundo da epiderme, ou seja, coloração mais amarela em relação àqueles armazenados sob AC, após dois, oito e dez meses de armazenagem (Figura 6). A aplicação de 1-MCP propiciou aos frutos armazenados sob AA coloração mais verde tanto aos dois quanto aos dez meses de armazenamento. Já para frutos armazenados em AC, a aplicação de 1-MCP ocasionou aos frutos coloração mais verde após dois meses de armazenagem. A perda da cor verde da epiderme em maçãs geralmente é considerada comercialmente como um atributo negativo e como um indicativo de senescência (AKBUDAK et al., 2009). Brackmann et al. (2005c), trabalhando com a cultivar Pink Lady, verificaram que os frutos mantidos em AA apresentaram coloração mais amarelada, em função de estarem mais maduros que os frutos armazenados em AC. A manutenção da cor da epiderme mais verde em frutos com a aplicação de 1-MCP, segundo Jiang; Joyce; Macnish (1999), pode ser explicada pela redução da ação do etileno sobre o processo de degradação de clorofilas.

Figura 6 – Taxa de produção de etileno, taxa respiratória e cor de fundo de maçãs ‘Venice’, submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. As maçãs foram mantidas a (23±0,3 °C e UR de 68%) por 1 (símbolos cheios) ou 7 (símbolos vazios) dias antes de serem analisados. Fraiburgo, SC, 2014.



As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de meses de armazenagem, determinadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

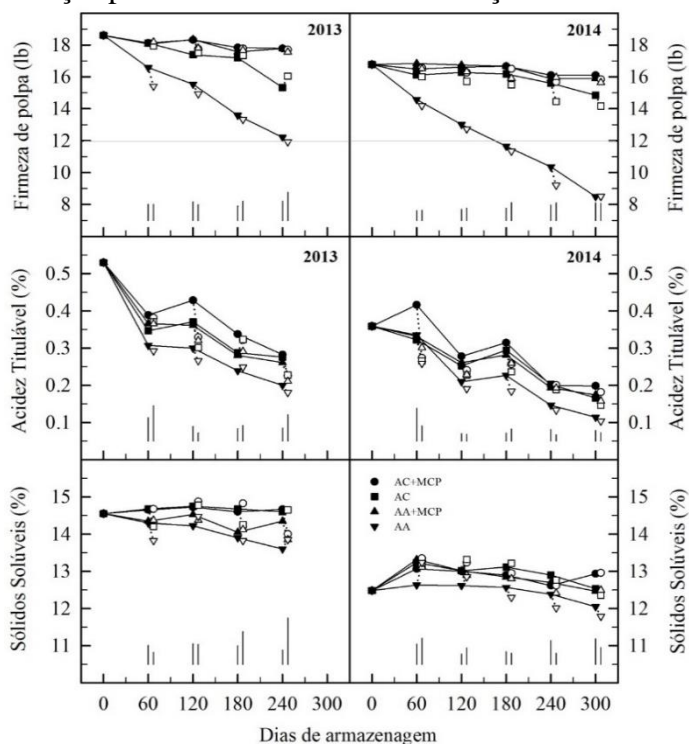
A firmeza de polpa foi menor nos frutos armazenados sob AA e que não foram submetidos à aplicação de 1-MCP em relação aos demais tratamentos, para ambos os anos avaliados (Figura 5). O armazenamento em AC reduz a produção de etileno e a respiração, e os processos dependentes do etileno, como a perda de firmeza de polpa, consumo de ácidos e a mudança na coloração dos frutos (WEBER et al., 2013). De acordo com Brackmann; Steffens; Waclawosky (2002b) a manutenção da firmeza de polpa em maçãs armazenadas sob AC é resultado da menor atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular, resultantes da baixa pressão parcial de O₂ e alta pressão parcial de CO₂.

Em 2013, os frutos submetidos à aplicação de 1-MCP (AA e AC) apresentaram maior firmeza de polpa em comparação àqueles que não foram submetidos à aplicação do produto, após oito meses de armazenamento, para a análise realizada na saída da câmara (Figura 7). Em 2014, o 1-MCP manteve a firmeza de polpa de maneira mais eficiente em associação ao uso da AC, após oito meses de armazenamento. Não houve diferença entre as atmosferas de armazenagem (AA e AC) para frutos que foram submetidos à aplicação de 1-MCP. A maior firmeza de polpa nos frutos tratados com 1-MCP está diretamente relacionada à redução na ação e produção do etileno, uma vez que esse hormônio aumenta a atividade das enzimas responsáveis pela perda de firmeza de polpa (MAJUMDER; MAZUMDAR, 2002; HENDGES et al., 2011).

A taxa de perda de firmeza de polpa mensal de frutos armazenados sob AA sem aplicação de 1-MCP foi mais elevada (Tabela 3). A taxa de perda de firmeza dos frutos tratados com 1-MCP foi semelhante para os frutos armazenados em AA e em AC, sendo menor comparativamente à utilização isolada da AC. A redução da firmeza de polpa dos frutos está associada ao amadurecimento, portanto, quanto mais rápida a perda de firmeza de polpa, menor é a vida útil dos frutos (TERRA et al., 2014).

Frutos com menor firmeza de polpa, em geral, apresentam menor suculência, uma vez que frutos menos firmes tendem a estar com a polpa mais farinácea e mais seca se comparados a frutos firmes (LUNARDI et al., 2004). De acordo com Harker et al. (2002), frutos com firmeza de polpa abaixo de 12 lb não são bem aceitos pelo mercado consumidor, pelo aumento da incidência de polpa farinácea e redução expressiva da suculência e crocância dos frutos. Para o ano de 2013, apenas os frutos que foram armazenados durante oito meses sob AA e que não foram tratados com 1-MCP apresentaram, após sete dias em condição ambiente, firmeza de polpa inferior a 12 lb (11,8 lb). Já para o ano de 2014, os frutos que não foram tratados com 1-MCP e que foram armazenados em AA apresentaram firmeza de polpa inferior a 12 lb após seis meses de armazenamento. Possivelmente este resultado está associado à colheita dos frutos com menor firmeza de polpa no ano de 2014 (16,8 lb) em comparação aos frutos colhidos em 2013 (18,6 lb), uma vez que a taxa de perda de firmeza mensal foi semelhante para os dois anos avaliados (Tabela 3). As demais condições de armazenamento (AA com aplicação de 1-MCP e AC sem e com aplicação de 1-MCP) proporcionaram firmeza de polpa superior a 14 lb, tanto após o armazenamento quanto após sete dias em condição ambiente, ao final do período de 10 meses (300 dias) de armazenamento. De acordo com Harker et al. (2008), para máxima aceitação pelos consumidores, maçãs devem apresentar firmeza de polpa acima de 14 lb. Assim, considerando apenas os dados de firmeza de polpa, é possível concluir que frutos tratados com 1-MCP e/ou armazenados em AC podem ser armazenados com qualidade por até dez meses. Todavia, frutos armazenados sob AA e que não foram submetidos à aplicação de 1-MCP devem ser armazenados por no máximo seis meses, para não comprometer a aceitação dos frutos pelo mercado consumidor.

Figura 7 – Firmeza de polpa, acidez titulável e sólidos solúveis em maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. As maçãs foram mantidas a (23±0,3 °C e UR de 68%) por 1 (símbolos cheios) ou 7 (símbolos vazios) dias antes de serem analisados. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014. As linhas horizontais indicam limite inferior da polpa, abaixo do qual as maçãs possuem menor valor e aceitação comercial.



As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de meses de armazenagem, determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Tabela 3 – Taxas de perda de firmeza de polpa (lb/mês), estimadas pelos modelos de regressões entre período de armazenamento (x) e firmeza de polpa (y) em maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, na saída da câmara e após sete dias a 23 °C, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.

| Tratamento | Coeficientes dos modelos | | Probabilidade | Taxa de perda de firmeza (lb/mês) |
|-------------------|--------------------------|--------|---------------|-----------------------------------|
| | a | b | | |
| 2013 | | | | |
| Saída da câmara | | | | |
| AA | 18,46 | -0,790 | <0,0001 | 0,79 |
| AC | 18,84 | -0,386 | <0,0001 | 0,39 |
| AA + 1-MCP | 18,50 | -0,104 | 0,0204 | 0,10 |
| AC + 1-MCP | 18,51 | -0,095 | 0,0290 | 0,10 |
| Sete dias a 20 °C | | | | |
| AA | 18,32 | -1,183 | <0,0001 | 1,13 |
| AC | 18,59 | -0,266 | <0,0001 | 0,27 |
| AA + 1-MCP | 18,51 | -0,104 | 0,0039 | 0,10 |
| AC + 1-MCP | 18,41 | -0,113 | 0,0252 | 0,11 |
| 2014 | | | | |
| Saída da câmara | | | | |
| AA | 16,44 | -0,792 | <0,0001 | 0,79 |
| AC | 16,77 | -0,161 | <0,0001 | 0,16 |
| AA + 1-MCP | 16,99 | -0,104 | <0,0001 | 0,10 |
| AC + 1-MCP | 16,78 | -0,065 | 0,0078 | 0,06 |
| Sete dias a 20 °C | | | | |
| AA | 16,66 | -1,125 | <0,0001 | 1,10 |
| AC | 16,71 | -0,255 | <0,0001 | 0,25 |
| AA + 1-MCP | 16,74 | -0,110 | 0,0003 | 0,11 |
| AC + 1-MCP | 16,78 | -0,102 | <0,0001 | 0,10 |

a, b: coeficientes do modelo linear ($y=a+bx$). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Para os dois anos avaliados, o armazenamento sob AA sem a aplicação de 1-MCP proporcionou menor AT aos frutos em comparação aos demais tratamentos (Figura 5). O armazenamento em AC com 1-MCP apresentou efeito aditivo na manutenção da AT dos frutos, sendo mais eficiente em relação aos demais tratamentos em grande parte dos períodos de armazenamento avaliados. A aplicação de 1-MCP nos frutos armazenados em AA e o armazenamento em AC sem a aplicação de 1-MCP obtiveram valores de AT semelhantes, para ambos os anos. Os maiores valores de AT nos frutos armazenados sob AC possivelmente estão relacionados ao menor consumo de ácidos, uma vez que pressões parciais mais baixas de O_2 e mais elevadas de CO_2 reduzem a atividade respiratória dos frutos (STEFFENS et al., 2007). De acordo com Corrent et al. (2005b), o efeito do 1-MCP na manutenção da AT deve-se à redução do metabolismo dos frutos.

O armazenamento sob AA sem aplicação de 1-MCP propiciou aos frutos menores teores de SS em relação às demais condições de armazenagem (Figura 5). De acordo com Brackmann et al. (2005), os açúcares são substratos da respiração, cujo início da utilização se dá apenas após um acentuado consumo de ácidos orgânicos. Assim, essas tecnologias podem ter mantido melhor os teores de SS pela redução na produção de etileno e atividade respiratória (STEFFENS et al., 2008). Por outro lado, possivelmente os frutos armazenados sob AA estavam mais próximos ao estágio de senescência, apresentando uma redução expressiva nos teores de SS pela utilização dos mesmos como substrato no processo respiratório.

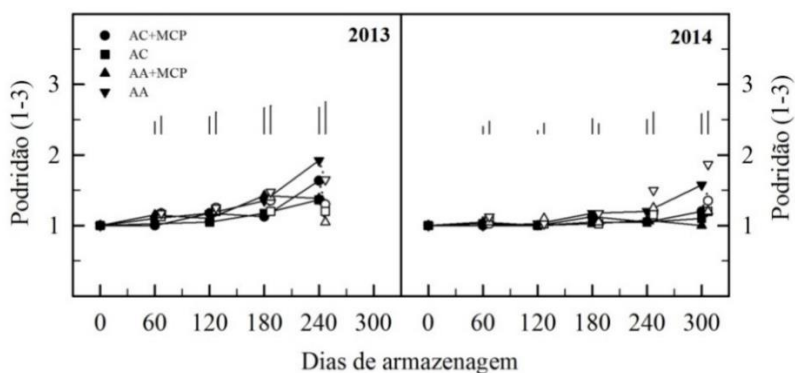
Os índices de preferências dos consumidores por maçãs se correlacionam positivamente com o teor de SS, ocorrendo rejeição de maçãs com teores de SS inferiores a 12% (HARKER et al., 2002). Nesse sentido, ainda que o armazenamento sob AA sem a aplicação de 1-MCP tenha propiciado menores teores de SS comparativamente aos demais tratamentos, as maçãs

‘Venice’ mantiveram os teores de SS superiores a 12% para todas as avaliações, com exceção apenas dos frutos avaliados após sete dias em condição ambiente que foram armazenados sob AA durante 300 dias e que não foram submetidos à aplicação de 1-MCP.

Para ambos os anos avaliados, a aplicação de 1-MCP em AA e AC, bem como o uso da AC reduziram a ocorrência de podridões em relação ao armazenamento sob AA sem aplicação de 1-MCP, para frutos submetidos ao armazenamento prolongado (240 e 300 dias) (Figura 8). O maior percentual de podridões nos frutos armazenados sob AA e não tratados com 1-MCP possivelmente ocorreu devido ao amadurecimento avançado destes frutos, que se tornaram mais sensíveis ao ataque dos fungos. Outros autores também observaram maior incidência de podridões em maçãs armazenada em AA em relação às aquelas armazenadas sob AC (BRACKMANN et al. 2005e; BRACKMANN et al., 2008). De acordo com Brackmann et al. (2008), o alto CO₂ apresenta efeito fungistático, reduzindo a ocorrência de podridões em frutos armazenados sob AC. De acordo com Saftner et al. (2003), o retardo no amadurecimento, ocasionado pelo tratamento com 1-MCP, pode conferir aos tecidos dos frutos maior proteção à infecção de patógenos, reduzindo assim a incidência pós-colheita de doenças.

A maior incidência de podridões ocorreu nos frutos armazenados sob AA sem aplicação de 1-MCP, após sete dias em condição ambiente, para o ano de 2014 (57%). A maior parte das podridões foi identificada como sendo causadas por *Penicillium spp.* Segundo Martin et al. (2014), o *Penicillium spp.* é um dos principais responsáveis pelas perdas ocasionadas por podridões pós-colheita na cultura da macieira.

Figura 8 – Severidade de podridões em maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. As maçãs foram mantidas a (23±0,3 °C e UR de 68±0,6%) por 1 (símbolos cheios) ou 7 (símbolos vazios) dias antes de serem analisados. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.



As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de meses de armazenagem, determinadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Quanto à incidência de podridão carpelar, houve uma baixa incidência (menor que 0,5%) para os dois anos avaliados, não havendo diferença entre os tratamentos (dados não apresentados). Segundo Silveira et al. (2013), frutos de algumas cultivares, como a ‘Fuji’, são muito suscetíveis à podridão carpelar, sendo que este distúrbio é observado em maçãs principalmente em câmara frigoríficas, reduzindo a capacidade de conservação das mesmas. De acordo com Czermainski et al. (2002), a podridão carpelar ocasiona perdas pós-colheita de até 15%.

Para ambos os anos avaliados, o armazenamento dos frutos por períodos mais longos (240 ou 300 dias) ocasionou

maior severidade de degenerescência senescente em relação aos demais períodos de armazenagem (Tabela 4). No ano de 2013, ocorreu maior severidade do distúrbio nos frutos armazenados em AA sem aplicação do 1-MCP em relação aos frutos armazenados sob AC sem 1-MCP ou sob AA com 1-MCP. Em 2014, a aplicação de 1-MCP reduziu a severidade de degenerescência senescente. Amarante et al. (2010), salientam o uso de 1-MCP como eficaz na redução de degenerescência senescente em maçãs. O fato da inibição da ação do etileno com 1-MCP reduzir o desenvolvimento da degenerescência senescente de maçãs, indica que o desenvolvimento desse distúrbio é, em parte, uma expressão de senescência.

Tabela 4 – Severidade de degenerescência senescente de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.

| Dias de Armazenagem | Sem 1-MCP | | Com 1-MCP | | Média |
|---------------------|-----------|----------|-----------|----------|-------|
| | AA | AC | AA | AC | |
| 2013 | | | | | |
| 60 | 1,00 Ab | 1,05 Aa | 1,00 Aa | 1,02 Aa | 1,03 |
| 120 | 1,00 Ab | 1,02 Aa | 1,00 Aa | 1,02 Aa | 1,01 |
| 180 | 1,00 Ab | 1,00 Aa | 1,00 Aa | 1,00 Aa | 1,00 |
| 240 | 1,18 Aa | 1,04Ba | 1,00 Ba | 1,07 ABa | 1,07 |
| Média | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,03 | |
| 2014 | | | | | |
| 60 | 1,00 Ab | 1,00 Ac | 1,00 Ab | 1,00 Ab | 1,00 |
| 120 | 1,00 Ab | 1,00 Ac | 1,00 Ab | 1,01 Ab | 1,00 |
| 180 | 1,00 Bb | 1,09 Abc | 1,00 Bb | 1,00 Bb | 1,02 |
| 240 | 1,24 Aa | 1,31 Aa | 1,00 Bb | 1,19 Aa | 1,19 |
| 300 | 1,28 Aa | 1,18 ABb | 1,09 Ba | 1,14 ABa | 1,18 |
| Média | 1,11 | 1,12 | 1,02 | 1,07 | |

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A severidade de degenerescência senescente foi avaliada de acordo com a seguinte escala: 1: ausência do sintoma; 2: inicial: 1 a 30% da secção transversal com coloração amarronzada; 3: moderada: 30 % a 60 % da secção transversal com coloração amarronzada difusa; e 4: severa: mais de 60 % da secção transversal com coloração amarronzada. Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apenas para o ano de 2013 foram verificados sintomas de escaldadura superficial nos frutos (Tabela 5). O armazenamento por 240 dias aumentou a incidência do distúrbio em relação aos demais períodos de armazenamento avaliados, para frutos armazenados sob AA, sem e com aplicação de 1-

MCP. Após 240 dias de armazenagem, a AC (com e sem 1-MCP) ocasionou menor severidade de escaldadura superficial em relação à AA com aplicação de 1-MCP. A presença de etileno no ambiente de armazenamento estimula a formação de α -farneseno e a sua oxidação a trienos conjugados e 6-metil-5-hepten-2-ona (MHO-ona), sendo responsável pelo surgimento da escaldadura na epiderme dos frutos (AMARANTE et al., 2010). Assim, possivelmente o efeito da AC em prevenir o desenvolvimento da escaldadura esteja associado à menor produção de etileno, uma vez que o baixo O_2 associado a altas pressões parciais de CO_2 tendem a reduzir a produção desse hormônio nos frutos (WEBER et al., 2013).

Por se tratar de uma cultivar nova, os sintomas de escaldadura superficial em maçãs ‘Venice’ ainda são pouco conhecidos. Todavia, uma vez que o distúrbio ocorreu apenas após períodos prolongados de armazenamento e exclusivamente no ano em que os frutos foram colhidos com maior firmeza de polpa, acredita-se que o distúrbio avaliado tratava-se, de fato, de escaldadura superficial. Ressalta-se que não houve incidência de escaldadura superficial ou que ela foi baixa (inferior a 5%) para a maior parte das avaliações, indicando que, possivelmente, a cultivar ‘Venice’ apresente uma menor suscetibilidade à escaldadura superficial em comparação a outras cultivares de importância comercial, como a ‘Fuji’, por exemplo. Trabalhando com frutos produzidos na mesma região produtora de Fraiburgo e armazenados sob AA durante oito meses, Amarante et al. (2010) encontraram incidência de mais de 80% de escaldadura superficial em maçãs ‘Fuji Suprema’.

Tabela 5 – Severidade de escaldadura superficial de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, armazenadas em atmosfera do ar (AA; a 0,5 °C) ou em atmosfera controlada (AC; com pressões parciais de 1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂ a 0,7 °C) por diferentes períodos. Fraiburgo, SC, 2013.

| Dias de Armazenagem | Sem 1-MCP | | Com 1-MCP | | Média |
|---------------------|-----------|---------|-----------|---------|-------|
| | AA | AC | AA | AC | |
| 2013 | | | | | |
| 60 | 1,00 Ab | 1,00 Aa | 1,00 Ab | 1,00 Aa | 1,00 |
| 120 | 1,00 Ab | 1,00 Aa | 1,00 Ab | 1,00 Aa | 1,00 |
| 180 | 1,00 Ab | 1,01 Aa | 1,00 Ab | 1,00 Aa | 1,00 |
| 240 | 1,07 ABa | 1,00 Ba | 1,14 Aa | 1,00 Ba | 1,05 |
| Média | 1,02 | 1,00 | 1,03 | 1,00 | |

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Quando não se observou interação significativa entre tratamentos e período de armazenagem, foram apresentadas somente as médias. A severidade de escaldadura superficial foi avaliada considerando a porcentagem da superfície do fruto com o sintoma: 1: 0%; 2: 1 a 20%; 3: 21 a 60%; e 4: > 60%. Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Para os dois anos avaliados, não houve incidência de dano por CO₂ (dados não apresentados). Este distúrbio está associado à sensibilidade do tecido da polpa da maçã a altas pressões parciais de CO₂ ou a baixas pressões parciais de O₂ (PEDRESCHI et al., 2008). Esses resultados demonstram que a cultivar Venice apresenta uma baixa suscetibilidade ao distúrbio na condição de AC utilizada (1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂). Para maçãs ‘Fuji’, são recomendadas condições de AC com pressões parciais de CO₂ abaixo de 0,5 kPa, devido à suscetibilidade que essa cultivar apresenta ao dano por CO₂ (CORRÊA et al., 2010).

Não houve incidência de “bitter pit” para ambos os anos avaliados, demonstrando que, possivelmente, essa cultivar

apresente baixa suscetibilidade a esse distúrbio fisiológico (dados não apresentados). Essa é uma característica importante, visto que o “bitter pit” pode ocasionar perdas pós-colheita de até 30% na cultura da macieira (Basso, 2006). Algumas cultivares de maçãs, inclusive lançadas nas últimas duas décadas, como é o caso da ‘Catarina’, apresentam o “bitter pit” como um limitante de cultivo, visto que apresentam uma alta suscetibilidade a este distúrbio (MIQUELOTO, 2011).

3.6 CONCLUSÕES

Quando armazenadas sob AC (1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂) e/ou submetidas à aplicação de 1-MCP, maçãs ‘Venice’ podem ser armazenadas por até dez meses com qualidade.

Quando submetidas ao armazenamento em AA sem a aplicação de 1-MCP, o armazenamento de maçãs ‘Venice’ não deve estender-se além de seis meses.

O uso de 1-MCP não proporciona vantagens para maçãs ‘Venice’ armazenadas sob AC (1,5 kPa de O₂ e 1,5 kPa de CO₂).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de diversificação de cultivares é um ponto fundamental na cadeia produtiva da maçã. Esse nicho está sendo contemplado através do trabalho do Programa de Melhoramento Genético da EPAGRI. A seleção ‘Venice’ surge como uma nova opção para utilização do setor produtivo.

O presente trabalho determinou os índices de maturação de maçãs ‘Venice’ para o período ideal de colheita das maçãs, quando destinadas a longos períodos de armazenagem e identificou por quanto tempo é possível armazenar as maçãs dessa cultivar (potencial de armazenagem) para diferentes atmosferas de armazenagem e para frutos tratados ou não com o inibidor da ação do etileno.

Estudos complementares com maçãs ‘Venice’ produzidas em diferentes anos e principalmente em outras regiões produtoras devem ser desenvolvidos para confirmar os resultados do presente trabalho, bem como identificar condições adequadas de armazenagem para a mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBUDAK, B. et al. Response of 1-methylcyclopropene treated 'Granny Smith' apple fruit to air and controlled atmosphere storage conditions. **Journal of Food Quality**, Boston, v.32, n.1, p.18-33, 2009.

AMARANTE, C. V. T. et al. Alteração da eficiência do 1-MCP com o retardo na sua aplicação após a colheita em maçãs 'Fuji Suprema'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.984-992, 2010.

ARGENTA, L. C. Fisiologia e tecnologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. 2 ed. Epagri, Florianópolis, v.1, p.691-732, 2006.

ARGENTA, L. C. et al. Padrões de maturação e índices de colheita de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.10, p.1259-1266, 1995.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Factors affecting efficacy of 1-MCP to maintain quality of apples fruit after storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.682, p.1249-1255, 2005.

ARGENTA, L. C. et al. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1139-1148, 2003.

ARGENTA, L. C.; MATTHEIS, J. P.; FAN, X. Interactive effects of CA storage, 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on quality of apple fruit. In: International controlled atmosphere research conference, East Lasing, 2010.

Proceedings... East Lasing, v.1, p.259-265, 2010a.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SCOLARO, A. M. T.

Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã. **Revista**

Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.23, n.3, p.71-77, 2010b.

ARGENTA, L. C. et al. Diagnóstico da qualidade de maçãs no mercado varejista brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.048-063, 2015.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.37, n.7, 687-695, 2004.

BALDWIN, E. A. Fruit flavor, volatiles metabolism and consumer perceptions. In: **Fruit Quality and its Biological Basis**. KNEE, M. ed. Sheffield: Academic Press, p.90-106, 2002.

BARTRAM, D. Interpretation of weekly harvest tests for determining long term CA storage harvest timing. In: **Apple maturity program**. Wenatchee: USDA-USA, p.45-54, 1993.

BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**, 2 ed. Florianópolis: EPAGRI, p.609-636, 2006.

BENDER, R. J.; EBERT, A. Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. Teste iodo-amido. **EMPASC**, Florianópolis, p.6, 1985.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.

BONETI, J. I. S. et al. Evolução da cultura da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**, 2 ed. Florianópolis, v.1, p.37-57, 2006.

BOWEN, J. H.; WATKINS, C. B. Fruit maturity, carbohydrate and mineral content relationships with watercore in 'Fuji' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.11, p.31-38, 1997.

BRACKMANN, A. et al. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.4, p.505-508, 2005e.

BRACKMANN, A. et al. Aplicação de 1-metilciclopropeno e absorção de etileno em maçã da cultivar 'Royal Gala' colhida tardiamente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p.2074-2080, 2010.

BRACKMANN, A. et al. Absorção de 1-metilciclopropeno aplicado em maçãs 'Royal Gala' armazenadas em atmosfera refrigerada juntamente com madeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1676-1681, 2009b.

BRACKMANN, A. et al. Variação da temperatura, oxigênio e CO₂ durante o armazenamento em atmosfera controlada de

maçãs ‘Royal Gala’. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.6, p.2247-2256, 2012.

BRACKMANN, A.; CERETTA, M. Efeito da redução nos níveis de etileno e da umidade relativa no armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2169-2174, 1999.

BRACKMANN, A. et al. Condições de atmosfera controlada para a maçã ‘Pink Lady’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.504-509, 2005c.

BRACKMANN, A. et al. Consequência da umidade relativa durante o armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada na qualidade da maçã 'Gala'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1197-1200, 2005d.

BRACKMANN, A.; SAQUET, A. A. Low ethylene and rapid CA storage of ‘Gala’ apples. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.485, p.79-83, 1999a.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1415-1420, 2004.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; WACLAWOSKY, A. J. Influência da época de colheita e do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade da maçã ‘Braeburn’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.295-301, 2002b.

BRACKMANN, A. et al. Efeito da umidade relativa e momento da instalação da atmosfera controlada sobre a qualidade de maçã ‘Fuji’. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.2, p.145-148, 2002c.

BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Conservação da maçã (*Malus domestica* Borkh.) cv. Braeburn. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.229-234, 2000.

BRACKMANN, A. et al. Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Galaxy’ sob armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2478-2484, 2008.

BRACKMANN, A. et al. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs ‘Gala’ armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.519-525, 2009a.

BRACKMANN, A.; FREITAS, S. T. de. Efeito do MCP (1-metilciclopropeno) na qualidade pós-colheita de maçãs cultivar Gala em diferentes estádios de maturação. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia (Uruguaiiana)**, Uruguaiiana, v.12, n.1, p.80-90, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Brasília, p.9, 2006. (Instrução Normativa, 5).

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2 ed., p.113-168, 2006.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L; **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV. p.81, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, p.785. 2005.

CORRÊA, T. R. et al. Qualidade de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência da polpa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.531-538, 2010.

CORRENT, A. R. et al. Uso do 1-metilciclopropeno no controle da maturação de maçãs cv. 'Royal Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.207-210, 2005b.

CZERMAINSKI, A. B. C. et al. Podridão carpelar das maçãs: estimativas de perdas no período 1999 a 2002 em Vacaria, RS. Bento Gonçalves: **Embrapa CNPUV**, 2002. (Boletim Técnico, 42).

DE CASTRO, E.; BIASI, W.; MITCHAM, E.J. Quality of 'Pink Lady' apples in relation to maturity at harvest, pre-storage treatments, and controlled atmosphere during storage. **Horticultural Science**, Alexandria, v.42, n.3, p.605-610, 2007.

De LONG, J. M.; PRANGE, R. K.; HARRISON, P. A. The influence of 1-methylcyclopropene on 'Cortland' and 'McIntosh' apple quality following long-term storage. **HortScience**, Alexandria, v.39, n.5, p.1062-1065, 2004.

DE MARTINO, G. et al. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, n.1, p.38-47, 2006.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C. SCS426 Venice: Novo cultivar de macieira com médio requerimento de frio hibernar. Florianópolis, Epagri, p.6. 2015. Disponível em:

http://www.abpm.org.br/portugues/mensagens/418-2015/scs426_venice.pdf

FAN, X. Maturity and storage of 'Fuji' apples. Washington, 1992, p.201, Dissertation (Master of Science in Horticulture) – Washington State University, 1992.

FELLMAN, J. K. et al. Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of 'Delicious' apples. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v.27, n.1, p.39-51, 2003.

FIORAVANÇO, J. C. et al. **Avaliação da cultivar de macieira Daiane em Vacaria-RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.8, 2011. (Comunicado Técnico, 109).

FIORAVANÇO, J. C. et al. Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1 ed., p.60, 2010. (Documentos, 71)

FRANCK, C. et al. Browning disorders in pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, n.1, p.1-13, 2007.

FURLAN, C. R. C. et al. Resistência genética dos acessos do banco de germoplasma de macieira da Epagri à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum gloeosporioides*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.507-514, 2010.

HARKER, F. R. et al. Eating quality standards for apples based on consumer preferences. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.1, p.70-78, 2008.

HARKER, F. R. et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.1, p.225-239, 2002.

HARKER, F. R. et al. Maturity and regional influences on watercore development and its postharvest disappearance in 'Fuji' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.2, p.166-172, 1999.

HARKER, R. F.; GUNSON, F. A.; JAEGER, S. R. The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.333-347, 2003.

HAUAGGE, R.; BRUCKNER, C. H. Macieira. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Viçosa: Ed. UFV, cap.2, p.28-88, 2002.

HENDGES, M. V. et al. Qualidade de maçãs 'Royal Gala' submetidas ao dano mecânico por impacto e aplicação de 1-metilciclopropeno em dois sistemas comerciais de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.32-39, 2011.

JAEGER, S. R. et al. Consumer preferences for fresh and aged apples: a cross-cultural comparison. **Food Quality and Preference**, Oxford, v.9, n.5, p.355-366, 1998.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, n.2, p.187-193, 1999.

KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Davis: University of California, p.535, 2002.

KINGSTON, C.M. Maturity indices for apple and pear. **Horticultural Reviews**, v.13, p.407-432, 1992.

KNEE, M.; SMITH, S.M. Variation in quality of apple fruits stored after harvest on different dates. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.64, n.4, p.413-419, 1989.

KUPFERMAN, E. Controlled atmosphere storage of apples and pears. **Acta Horticulture**, Wellington, n.600, p.729-725, 2003.

LAMMERTYN, J. et al. Logistic regression analysis of factors influencing core breakdown in ‘Conference’ pears. **Postharvest Biology and technology**, Amsterdam, v.20, n.1, p.25-37, 2000.

LUNARDI, R. et al. Avaliação da suculência e da solubilização de pectinas em maçãs ‘Gala’ armazenadas em atmosfera controlada, em função de diferentes pressões parciais de O₂ e CO₂. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.1, p.95-101, 2004.

LUO, Z. S. et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on lignification of postharvest bamboo shoot. **Food Chemistry**, London, v.105, n.2, p.521-527, 2007.

MARTIN, M. S. et al. Qualidade de peras ‘Rocha’ armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.73-82, 2015.

MARTIN, M. S. et al. Aplicação pós-colheita de cloreto de dodecil dimetil amônio reduz podridões causadas por

Penicillium ssp. em maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.3, p.731-734, 2014.

MATTHEIS, J. P. How 1-methylcyclopropene has altered the Washington State apple industry. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.1, p.99-101, 2008.

MATTHEIS, J. P.; FAN, X.; ARGENTA, L. C. Interactive responses of ‘Gala’ apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Wenatchee, v.53, n.11, p.4510-4516, 2005.

MATTHEIS, J.; FAN, X.; ARGENTA, L. C. Responses of apple and pear fruit to 1-Methylcyclopropene. **Proceedings**. Washington Tree Fruit Postharvest Conf. Yakima, USA, 14-15 Mar, 2000 In: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pgDisplay.php?article=PC2000DD>

McCORMICK, R.; NEUWALD, D. A.; STREIF, J. A case study: Potencial energy savings using 1-MCP with ‘Gala’ apples in commercial CA storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.877, p.323-326, 2010.

MINAS, I. S. et al. Postharvest handling of plums (*Prunus salicina* Lindl.) at 10 °C to save energy and preserve fruit quality using an innovative application system of 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.76, n.1, p.1-9, 2013.

MIQUELOTO, A. **Atributos minerais e aspectos fisiológicos relacionados com a ocorrência de "bitter pit" em maçãs**. p.56, 2011 Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

PEDRESCHI, R. et al. Physiological implications of controlled atmosphere storage of 'Conference' pears (*Pyrus communis* L.): A proteomic approach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.2-3, p.110-116, 2008.

PETRI, J. L. et al. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n. especial, p.48-56, 2011.

SAFTNER, R. A. et al. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.128, n.1, p.120-127, 2003.

SANHUEZA, R. M. V. et al. (ed.). **Inovações tecnológicas para o setor da maçã – INOVAMAÇÃ: Relatório Técnico**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.107-136, 2011.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, p.200, 2002.

SCOLARO, A. M. et al. Controle da maturação pré-colheita de maçãs 'Royal Gala' pela inibição da ação ou síntese do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.38-47, 2015.

SILVEIRA, F. N. et al. Relação entre características morfológicas de frutos e incidência de podridão carpelar em clones de macieira 'Gala' e 'Fuji' sobre diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.75-85, 2013.

STANGER, M. C. et al. Estádio de maturação para o período Ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas à armazenagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.977-989, 2013.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H.; BRACKMANN, A. Maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethefon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.9, p.837-843, 2005.

STEFFENS, C. A.; HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A. Armazenamento de maçã cv. Gala em atmosfera controlada e diferentes concentrações de etileno. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, XIII, 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: p.635, 1998.

STEFFENS, C. A. et al. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007.

STEFFENS, C. A. et a. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs "Gala" em função do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1864-1870, 2008.

SUGAR, D.; BASILE, S.R. Integrated ethylene and temperature conditioning for induction of ripening capacity in ‘Anjou’ and ‘Comice’ pears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.83, n.3, p.9-16, 2013.

TERRA, F. A. M. et al. Aplicação do 1- metilciclopropeno e sua influência no processo de remoção da adstringência com etanol em caqui ‘Giombo’ refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 210-216, 2014.

THOMPSON, A.K. Controlled atmosphere storage of fruits & vegetables. 2nd ed. Wallingford: CAB Internacional, 2010.

WANG, Y.; SUGAR, D. Internal browning disorder and fruit quality in modified atmosphere packaged 'Bartlett' pears during storage and transit. **Postharvest Biology and Technology**, v.83, p.72-82, 2013.

WATKINS, C. B. Principal and practices of postharvest handling and stress. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. **Apples: Botany, production and uses**. Wallingford: CABI Publishing, p.585-614. 2003.

WATKINS, C. B. The effect of 1-MCP on the development of physiological storage disorders in horticultural crops. **Stewart Postharvest Review**, London, v.3, n.2, p.1-6, 2007.

WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Oxford, v.24, n.4, p.389-409, 2006.

WATKINS, C. B. et al. Harvest data effects on maturity, quality, and storage disorders of 'Honeycrisp' apples. **HortScience**, Salt Lake, v.40, n.1, p.164-169, 2005.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.19, n.1, p.17-32, 2000.

WEBER, A. et al. Atmosfera controlada para o armazenamento da maçã 'Maxi Gala'. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.44, n.2, p.294-301, 2013.

YUAN, R.; CARBAUGH, D. H. Effects of ANA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity and quality 'Golden Delicious' apples. **HortScience**, Saint Joseph, v.42, n.1, p.101-105, 2007.

APÊNDICE

Apêndice A – Modelos de regressão para variações na taxa de produção de etileno, taxa respiratória e cor de fundo de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, em função do período de armazenamento na saída da câmara e após sete dias a 23 °C, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014. (Continua)

| Tratamento | Modelo | | Probabilidade |
|------------------------------------|--------|--------|---------------|
| | a | b | |
| Taxa de produção de etileno (µmol) | | | |
| Saída da câmara | | | |
| AA | 6,077 | -0,863 | 0,0324 |
| AC | 2,121 | -0,603 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 0,008 | 0,002 | 0,0010 |
| AC + 1-MCP | 0,014 | . | 0,0022 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 2,602 | 0,396 | 0,0029 |
| AC | 1,345 | -0,297 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 0,042 | -0,017 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 0,718 | -0,202 | 0,0014 |
| Taxa respiratória (µmol) | | | |
| Saída da câmara | | | |
| AA | 235,34 | 33,01 | 0,0029 |
| AC | 176,50 | 16,10 | 0,0039 |
| AA + 1-MCP | 66,82 | 27,30 | 0,0002 |
| AC + 1-MCP | 103,60 | 17,14 | 0,0024 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 100,96 | 48,58 | 0,0002 |
| AC | 112,55 | 23,59 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 30,57 | 28,42 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 52,38 | 23,42 | <0,0001 |

Apêndice A – Modelos de regressão para variações na taxa de produção de etileno, taxa respiratória e cor de fundo de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, em função do período de armazenamento na saída da câmara e após sete dias a 23 °C, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014. (Conclusão)

| Cor de fundo (1 – 5) | | | |
|----------------------|-------|-------|---------|
| Saída da câmara | | | |
| AA | 2,675 | 0,380 | <0,0001 |
| AC | 2,546 | 0,380 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 2,541 | 0,384 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 2,374 | 0,325 | <0,0001 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 2,365 | 0,861 | <0,0001 |
| AC | 2,431 | 0,592 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 2,451 | 0,450 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 2,407 | 0,455 | <0,0001 |

a, b: coeficientes do modelo linear ($y=a+bx$).

A cor de fundo foi estimada visualmente, atribuindo notas de 1 (verde) a 5 (amarelo-laranja).

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice B – Modelos de regressão para variações no teor de sólidos solúveis (%) de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, em função do período de armazenamento na saída da câmara e após sete dias a 23 °C, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.

| Tratamento | Modelo | | Probabilidade |
|-------------------|--------|--------|---------------|
| | a | b | |
| 2013 | | | |
| Saída da câmara | | | |
| AA | 14,58 | -0,117 | <0,0001 |
| AC | 14,64 | . | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 14,50 | . | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 14,60 | . | <0,0001 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 14,39 | . | <0,0001 |
| AC | 14,45 | . | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 14,57 | -0,077 | 0,0077 |
| AC + 1-MCP | 14,47 | 0,245 | 0,0052 |
| 2014 | | | |
| Saída da câmara | | | |
| AA | 12,48 | 0,095 | 0,0051 |
| AC | 12,59 | 0,240 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 12,67 | 0,811 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 12,78 | . | <0,0001 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 12,73 | 0,082 | <0,0001 |
| AC | 12,56 | 0,319 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 12,65 | 0,122 | 0,0025 |
| AC + 1-MCP | 12,94 | . | <0,0001 |

a, b: coeficientes do modelo linear ($y=a+bx$). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice C – Modelos de regressão para variações na acidez titulável (% de ácido málico) de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, em função do período de armazenamento na saída da câmara e após sete dias a 23 °C, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.

| Tratamento | Modelo | | Probabilidade |
|-------------------|--------|--------|---------------|
| | a | b | |
| 2013 | | | |
| Saída da câmara | | | |
| AA | 0,505 | -0,080 | <0,0001 |
| AC | 0,509 | -0,062 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 0,515 | -0,061 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 0,503 | -0,027 | <0,0001 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 0,504 | -0,091 | <0,0001 |
| AC | 0,514 | -0,068 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 0,514 | -0,065 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 0,514 | -0,058 | <0,0001 |
| 2014 | | | |
| Saída da câmara | | | |
| AA | 0,358 | -0,025 | <0,0001 |
| AC | 0,358 | -0,018 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 0,361 | -0,019 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 0,395 | -0,020 | <0,0001 |
| Sete dias a 20 °C | | | |
| AA | 0,348 | -0,042 | <0,0001 |
| AC | 0,341 | -0,027 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 0,343 | -0,027 | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 0,344 | -0,026 | <0,0001 |

a, b: coeficientes do modelo linear ($y=a+bx$). Fonte: produção do próprio autor, 2016.

Apêndice D – Modelos de regressão para variações na severidade (1 – 3) de podridões de maçãs ‘Venice’ submetidas ou não à aplicação de 1-MCP, em função do período de armazenamento na saída da câmara e após sete dias em condição ambiente, armazenadas em atmosfera do ar (AA) ou em atmosfera controlada (AC) durante oito meses. Fraiburgo, SC, 2013 e 2014.

| Tratamento | Modelo | | | Probabilidade |
|-------------------|--------|--------|--------|---------------|
| | a | b | c | |
| 2013 | | | | |
| Saída da câmara | | | | |
| AA | 1,021 | -0,053 | 0,020 | <0,0001 |
| AC | 1,009 | -0,018 | 0,008 | <0,0001 |
| AA + 1-MCP | 1,005 | 0,051 | . | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 1,023 | -0,046 | 0,015 | <0,0001 |
| Sete dias a 20 °C | | | | |
| AA | 0,993 | 0,079 | . | <0,0001 |
| AC | 1,044 | 0,027 | . | 0,0204 |
| AA + 1-MCP | 0,973 | 0,129 | -0,013 | 0,0051 |
| AC + 1-MCP | 1,050 | 0,044 | . | 0,0015 |
| 2014 | | | | |
| Saída da câmara | | | | |
| AA | 1,015 | -0,032 | 0,008 | <0,0001 |
| AC | 0,993 | 0,009 | . | 0,0250 |
| AA + 1-MCP | 1,018 | . | . | <0,0001 |
| AC + 1-MCP | 0,971 | 0,018 | . | 0,0004 |
| Sete dias a 20 °C | | | | |
| AA | 1,055 | -0,050 | 0,013 | <0,0001 |
| AC | 0,999 | 0,017 | . | 0,0005 |
| AA + 1-MCP | 0,998 | 0,022 | . | 0,0015 |
| AC + 1-MCP | 1,023 | -0,024 | 0,006 | <0,0001 |

a, b, c: coeficientes do modelo linear ($y=a+bx$) e quadrático ($y=a+bx+cx^2$). A severidade de podridões foi avaliada de acordo com o tamanho das lesões visíveis externamente, conforme segue: 1: ausência; 2: inicial: uma ou duas lesões com somatório de diâmetro (s) inferior a 1 cm; e 3: severa: uma ou mais lesões com somatório de diâmetro(s) superior a 1 cm. Fonte: produção do próprio autor, 2016.